



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE VÝROBY ZÁPUSTKY

TECHNOLOGY PRODUCTION OF DIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Pavel Kubášek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Karel Osička, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Pavel Kubášek

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Technologie výroby zápustky

v anglickém jazyce:

Technology production of die

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Komplexní řešení technologie výroby zápustky se zaměřením na racionalizaci výroby v podmínkách firmy TRW-DAS Dačice.

Cíle diplomové práce:

Úvod.

Rozbor stávající technologie výroby zápustky.

Technologičnost konstrukce zápustky.

Určení problémových oblastí.

Návrh nového technologického postupu.

Rozpracování stěžejních operací technologického postupu se zaměřením na software a použité nářadí.

Technicko-ekonomické zhodnocení.

Diskuze.

Závěr.

Seznam odborné literatury:

AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ, s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, 1997. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.

KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

ŠTULPA, Miroslav. CNC obráběcí stroje. 2. dotisk, 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.

SVOBODA, Emil. Technologie a programování CNC strojů. 1. vydání. Havlíčkův Brod: FRAGMENT, 1998, 278 s.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MMPublishing, 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

JUROVÁ, Marie. Řízení výroby I, Část 1. 2. přepracované a doplněné vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005, 81 s. ISBN 80-214-3066-4.


JUROVÁ, Marie. Řízení výroby I, Část 2. 2. přepracované a doplněné vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006, 138 s. ISBN 80-214-3134-2.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Osička, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 22.11.2012




prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je upravit technologii obrábění zápustky na CNC soustruhu tak, aby byl podstatným způsobem snížen celkový čas na výrobu zápustky, a tím i výrobní náklady. Je proveden rozbor technologie obrábění vnitřní části zápustky a navržena změna obrábění této části. Nová technologie je rozpracována ve dvou variantách, kdy v jedné variantě je pro tvorbu programu využit CAD/CAM systém a ve druhé obráběcí cykly. Na závěr práce je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova

Soustružení, CNC technologie výroby, programování, technologický postup, soustružnické nástroje.

ABSTRACT

The aim of the master's thesis is to adjust the technology of machining of a die on the CNC lathe so that the total time for the production of a die could be reduced significantly and in this way also the production costs. The analyse of the technology of the machining of the inner part of the die is carried out and a change in the machining of this part is suggested. The new technology is elaborated in two variants when the CAD/CAM system is used for the creation of a programme in a variant and the machining cycles in the other. The technical and economical evaluation is performed at the end of the thesis.

Key words

Turning, CNC production technology, programming, technology procedure, turning tools.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KUBÁŠEK, Pavel. *Technologie výroby zápusťky*. Brno 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 83 s., 7 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Osička, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Technologie výroby zápustky** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

13. 5. 2013

Datum

Bc. Pavel Kubášek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Karlu Osičkovi, Ph.D. za cenné připomínky, rady a vstřícnost při vypracování diplomové práce. Děkuji také svým spolupracovníkům v nástrojárně TRW – DAS a.s. za podporu během studia.

Obsah

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	6
Poděkování	7
Úvod.....	10
1 Představení firmy	11
1.1 Společnost TRW.....	11
1.2 TRW – DAS a. s. Dačice	11
1.3 Výroba v závodě Ventily	13
1.4 Přesné kování	14
2 Rozbor stávající technologie výroby zápustky.....	15
2.1 Zápustka.....	15
2.2 Technologický postup	16
2.3 Materiál zápustky.....	22
2.3.1 Vlastnosti materiálu.....	22
2.3.2 Obrobitelnost materiálu	23
2.4 Strojní vybavení.....	24
2.5 Měřidla.....	28
3 Technologičnost konstrukce zápustky.....	30
3.1 Všeobecná kritéria technologičnosti konstrukce	30
3.2 Technologičnost zápustky	31
4 Určení problémových míst.....	33
4.1 Drsnost obrobené plochy.....	33
4.2 Řezné podmínky pro soustružení	35
5 Návrh nového technologického postupu	37
5.1 Řídicí systém CNC stroje.....	37
5.1.1 Souřadnicový systém soustruhu	38
5.1.2 Nulové a další vztažné body	38
5.1.3 Korekce nástrojů	39
5.1.4 Řídicí systém FANUC	39
5.2 CAD/CAM systémy.....	43
5.2.1 SolidWorks.....	44
5.2.2 SolidCAM	44

5.3 Technologie výroby	45
5.3.1 Varianta 1 – obráběcí cykly	46
5.3.2 Varianta 2 – software SolidCAM	49
5.4 Nástroje pro obrábění na CNC soustruhu.....	54
5.4.1 Nástroje pro soustružení	54
5.4.2 Geometrické parametry bříty.....	57
5.4.3 Materiály řezných nástrojů	57
5.5 Zvolené nástroje	60
6 Technicko-ekonomické zhodnocení	70
6.1 Náklady na materiál	70
6.2 Náklady na obrábění.....	72
6.3 Náklady na chemicko-tepelné zpracování	74
6.4 Celkové výrobní náklady.....	75
7 Diskuze	76
8 Závěr.....	78
Seznam použitých zdrojů	79
Seznam použitých zkratk a symbolů	81
Seznam příloh	83

ÚVOD

Automobilový průmysl zaměstnává v České republice velké procento populace. V dnešní době při stagnaci prodejů celého odvětví a tvrdé konkurenci se firmy snaží snižovat náklady při zachování jakosti výrobku požadované zákazníkem, a tím získat výhodu před ostatními výrobci.

Firma TRW – DAS a.s. Dačice, závod Ventily, zabývající se výrobou motorových ventilů (obr. 1), je dodavatelem těchto dílů pro velké světové automobilky. Ve firmě jsou k zefektivňování motivováni všichni zaměstnanci firmy, neboť i malá a jednoduchá zlepšení výrobního procesu přinášejí v souhrnu významné úspory.

Diplomová práce je zaměřena na problematiku výroby kovacího nástroje, který si firma vyrábí sama ve vlastní nástrojárně. Současná výroba postupně přechází na snižování výrobních dávek, zvýšení sortimentu druhů vyráběných nástrojů a snižování zásob ve skladu.

Diplomová práce se zabývá technologií výroby zápustky, která je určena pro výrobu motorových ventilů technologií tvářením. Cílem diplomové práce je nalezení jak časových, tak finančních úspor při výrobě zápustky a to volbou jiného technologického postupu obrábění.

V úvodní části diplomové práce je stručně představena historie společnosti TRW a její výrobní program. Dále je popsána stávající technologie výroby zápustky, představeny výrobní stroje a měřidla. Hlavní část práce je zaměřena na nový technologický postup obrábění, rozpracovaný ve dvou variantách, a výběr vhodných nástrojů. Na závěr práce jsou vypočítány náklady na výrobu zápustky a provedeno technicko-ekonomické zhodnocení jednotlivých variant výroby.



Obr. 1 Motorové ventily. [1]

1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY

1.1 Společnost TRW

Počátky firmy se datují do roku 1901, kdy se firma ještě pod názvem Thomson products zabývala výrobou nářadí. O osm let později získala první zakázku pro Ford motor Company. V roce 1958 se společnost stala hlavním činitelem v kosmickém a leteckém průmyslu, zejména díky fúzi společností Thompson Products Inc. – Ramo – Woolrdige Corporation. Z počátečních písmen názvů společností vznikla zkratka TRW. Firma se v roce 1969 podílela na vývoji sondy, která byla vyslána na planetu Mars. V té době došlo k rozdělení společnosti na TRW – Automotive (výroba komponentů řízení, dílů motorů, bezpečnostních prvků a elektroniky) a TRW – Aerospace (vývoj a výroba satelitních systémů a telefonů, výroba raketových motorů). Díky vývoji sond PIONEER 10 a později PIONEER 11 firma získala velkou prestiž a začala se podílet na vývoji mezikontinentálních balistických raket pro vládu USA. V roce 2001 společnost TRW prodala kosmickou divizi.

Firma TRW Automotive se sídlem ve městě Livonia, Michigan, USA, patří mezi přední světové výrobce a dodavatele dílů pro automobilový průmysl. V současné době má firma po celém světě 200 závodů, ve kterých pracuje 70 000 zaměstnanců. Jeden ze závodů se také nachází na jihu Čech v Dačicích. [1]

1.2 TRW – DAS a. s. Dačice

Firma OZAP v roce 1960 založila v Dačicích nový závod na výrobu chladícího zařízení. V roce 1965 na základě nekoncepčnosti vývoje a výroby chladícího zařízení bylo rozhodnuto o předání výrobního programu OZAPu do bývalého CALEXu na Slovensku. Současně s ukončením výroby chladícího zařízení převzala závod v Dačicích firma SVA a započala výrobu komponentů pro automobilový průmysl (řízení na Škoda 100, Škoda 110 a Avie). V roce 1973 proběhla fúze s firmou Praga. V roce 1983 byla zahájena výroba hřebenového řízení pro Škoda 105 a Škoda 120 a v roce 1989 byla zahájena výroba motorových ventilů v nové hale.

Na základě privatizačního projektu byl pro závod v Dačicích vybrán strategický partner a v roce 1993 byla založena společnost TRW – DAS a. s. V průběhu devadesátých let se uskutečnil převod výroby z jiných závodů TRW do Dačic. Firma získala nové zakázky a začala dodávat své výrobky pro velké světové

automobilky. V současné době patří TRW – DAS a. s. Dačice s přibližně tisíci zaměstnanci mezi nejvýznamnější zaměstnavatele v okrese Jindřichův Hradec.

TRW – DAS a. s. Dačice se dělí na dva samostatné závody.

Závod Řízení, který se orientuje na výrobu podvozkových dílů (např. různé druhy vnitřních a vnějších kulových čepů, vodících táhel, stabilizátorů a ramen) jak pro osobní, tak nákladní automobily. Výrobky dodává na trhy po celém světě.

Závod Ventily se zabývá velkosériovou výrobou sacích a výfukových ventilů určených pro spalovací motory.

Součástí TRW – DAS a. s. je také konstrukční a validační centrum TSCD, kde se testují a vyvíjejí podvozkové díly nejen pro závod v Dačicích, ale i pro ostatní závody TRW. Na obr. 1.1 je letecký snímek celého závodu TRW – DAS a. s. [1]



Obr. 1.1 Letecký snímek závodu TRW – DAS a. s. Dačice. [2]

1.3 Výroba v závodě Ventily

V závodě Ventily se vyrábějí sací a výfukové motorové ventily pro přední světové výrobce automobilů. Výroba motorových ventilů byla zahájena v roce 1989. V roce 1993 byl objem produkce cca 2 miliony kusů. V současné době je naplánovaná výroba 22 milionů ventilů za rok a firma plánuje v následujících letech další navyšování objemu výroby. V závodě pracuje cca 300 zaměstnanců.

Produkce závodu je zaměřena na výrobu monometalických ventilů. Tyto ventily se vyrábějí z martenzitické oceli umožňující zakalení některých částí ventilu. Pro zvýšení odolnosti povrchu ventilu proti opotřebení se provádí tvrdé chromování části ventilu, nebo v posledních letech stále více nitridování celého ventilu.

Při výrobě motorového ventilu je základní technologickou operací tváření. V současné době je větší objem výroby ventilů realizován technologií protlačování za tepla s následným kovááním a zbývající část výroby technologií kováání.

Při technologii protlačování ventilů je špalík o délce 20–25 mm a průměru 16–18 mm (podle typu ventilu) ohřát v indukční peci na teplotu 1100–1200 °C. Z ohřátého špalíku je v první části tvářecího lisu protlačen dřík ventilu a následně v druhé části vykována hlava ventilu. Po této operaci je ventil určen k dalšímu zpracování.

V tvářecím lisu se používají protlačovací a kovací části nástroje, které jsou po opotřebení vyměněny za nové. Životnosti jednotlivých částí nástroje jsou rozdílné a závisí na tvaru a materiálu protlačovaného ventilu, na seřízení stroje, mazání a dalších technologických podmínkách protlačování a kováání. Mezi výměnné protlačovací a kovací části nástrojů jsou řazeny zápustka, razník, vodící kroužek, protlačovací kroužek a protlačovací trn. Nástroje se vyrábí z nástrojové oceli, jsou tepelně zpracovány a nitridovány.

Současný objem produkce ventilů je zajišťován na 2 lisech určených pro technologii kováání a 5 lisech pro technologii protlačování a kováání. Denní výroba dosahuje 80–90 tisíc ventilů. V roce 2012 bylo použito na 5 protlačovacích lisech přibližně 45 000 kusů již zmíněných částí nástrojů. Protlačovací nástroje si závod Ventily vyrábí v podnikové nástrojárně.

1.4 Přesné kování

Přesným kovááním se označují takové tvářecí postupy, které umožňují tvarové a rozměrové zhotovení výkovku blízkého hotové součásti. Přesně kované výkovky se v porovnání s konvenčními zápustkovými výkovky vyznačují menšími přídávky na obrábění a vyšší tvarovou a rozměrovou přesností. Technologie přesného kování je závislá na celé řadě podmínek, jež rozhodují o její úspěšnosti. Významný vliv mají přesnost kovacího stroje, přesnost výchozího polotovaru, přesnost tvářecího nástroje, tribologické podmínky, teploty tvářeného materiálu a tvářecího nástroje. Technologii přesného tváření je také třeba posuzovat z ekonomického hlediska celého procesu výroby v návaznosti na další technologie zpracování.

Vyšší nároky na přesnost výkovku se zákonitě projeví na vyšších přesnostech kovacího nástroje. Teoreticky je třeba, aby tolerance nástroje byly tři až desetkrát menší než tolerance požadované u výkovku. Při stanovení rozměrů zápustkové dutiny je třeba respektovat podmínky kování, zohlednit tepelnou dilataci výkovku, tepelnou dilataci nástroje, změny dutiny v důsledku opotřebení a přesnost kovacího stroje. [3]

2 ROZBOR STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY ZÁPUSTKY

2.1 Zápustka

Zápustka je jednou z vyměnitelných částí tvářecího nástroje používaného v tvářecím lise. Tvářecí lisy v závodě Ventily jsou odlišné konstrukce a od různých výrobců. V těchto lisech se používají dva rozdílné typy zápustek (typ – A, typ – B), lišící se celkovými tvary a rozměry (obr. 2.1). Na obrázku jsou také vidět rozdíly vnitřního tvaru zápustek, který je dán tvarem budoucího výkovku ventilu. U zápustky typu – A je velký vnitřní průměr dutiny cca 36 mm a u typu – B 22 mm. Tato diplomová práce je zaměřena na technologii výroby zápustky typu – A. Jako vzorový představitel je zvolena zápustka, jejíž vnitřní tvar je charakteristický pro významnou skupinu vyráběných zápustek.



Typ – A



Typ – B

Obr. 2.1 Typy zápustky.

2.2 Technologický postup

Technologickým postupem se rozumí organizovaný sled činností postupu výroby, jimiž prochází obrobek při své změně v hotový výrobek. Určuje potřebné výrobní zařízení, nástroje, řezné, upínací, pracovní a měřicí podmínky potřebné pro danou operaci tak, aby součást byla podle daného postupu vyrobitelná a splňovala požadavky dané technickou dokumentací. Podle typu a účelu výroby se technologické postupy dělí až do čtyř stupňů na jednotlivé operace, úseky, úkony a pohyby. Vliv na podrobnost rozčlenění postupů má především sériovost a složitost procesu. Technologický postup pro výrobu kusovou a malosériovou se člení většinou jen na operace a úseky:

- operace – je ukončená a souvisle prováděná část výrobního procesu vykonaná na jednom nebo několika pracovních předmětech, na jednom pracovišti, zpravidla jedním pracovníkem,
- úsek – je část operace, při které se vykonává práce za přibližně stejných technologických podmínek jedním nebo skupinou nástrojů pracujících na jedné ploše nebo skupině ploch (např. soustružení na CNC stroji je možno rozdělit na úsek vrtání, hrubování a dokončení),
- úkon – je ucelená jednoduchá pracovní činnost (např. upnutí obrobku, nastavení řezných podmínek, zapnutí posuvu),
- pohyb – je nejjednodušší část pracovní činnosti popisovaná zejména v hromadné výrobě a u montážních linek (např. vložit obrobek do sklíčidla, stlačení vypínače stroje). [4]

Technologický postup zápustky

Pro pokrytí sortimentu výroby ventilů je zapotřebí přibližně 20 druhů zápustek typu – A. Občas jsou prováděny změny vnitřního tvaru zápustky související s doladováním technologie kování a dalšího zpracování ventilů, nebo změny technologických rozměrů již vyráběných ventilů. Často se také provádí výroba testovacích vzorků zápustek pro nové druhy ventilů určené stávajícím nebo novým zákazníkům v objemu 3–5 kusů. Velikost běžné výrobní dávky zápustek se pohybuje v rozmezí 10–50 kusů. Uvedené podmínky kladou zvýšené nároky na flexibilitu změn při výrobě zápustek, kdy přesný počet kusů a zadání výkresu je upřesněno při náběhu výroby další dávky ventilů.

Volbu způsobu obrábění zápustky, použitých nástrojů, řezných podmínek a tvorbu programů pro CNC stroj vykonává obsluha stroje podle výkresové dokumentace dodané z technologického oddělení. Řezné podmínky jsou stanovovány podle doporučení výrobce nástrojů a na základě zkušeností.

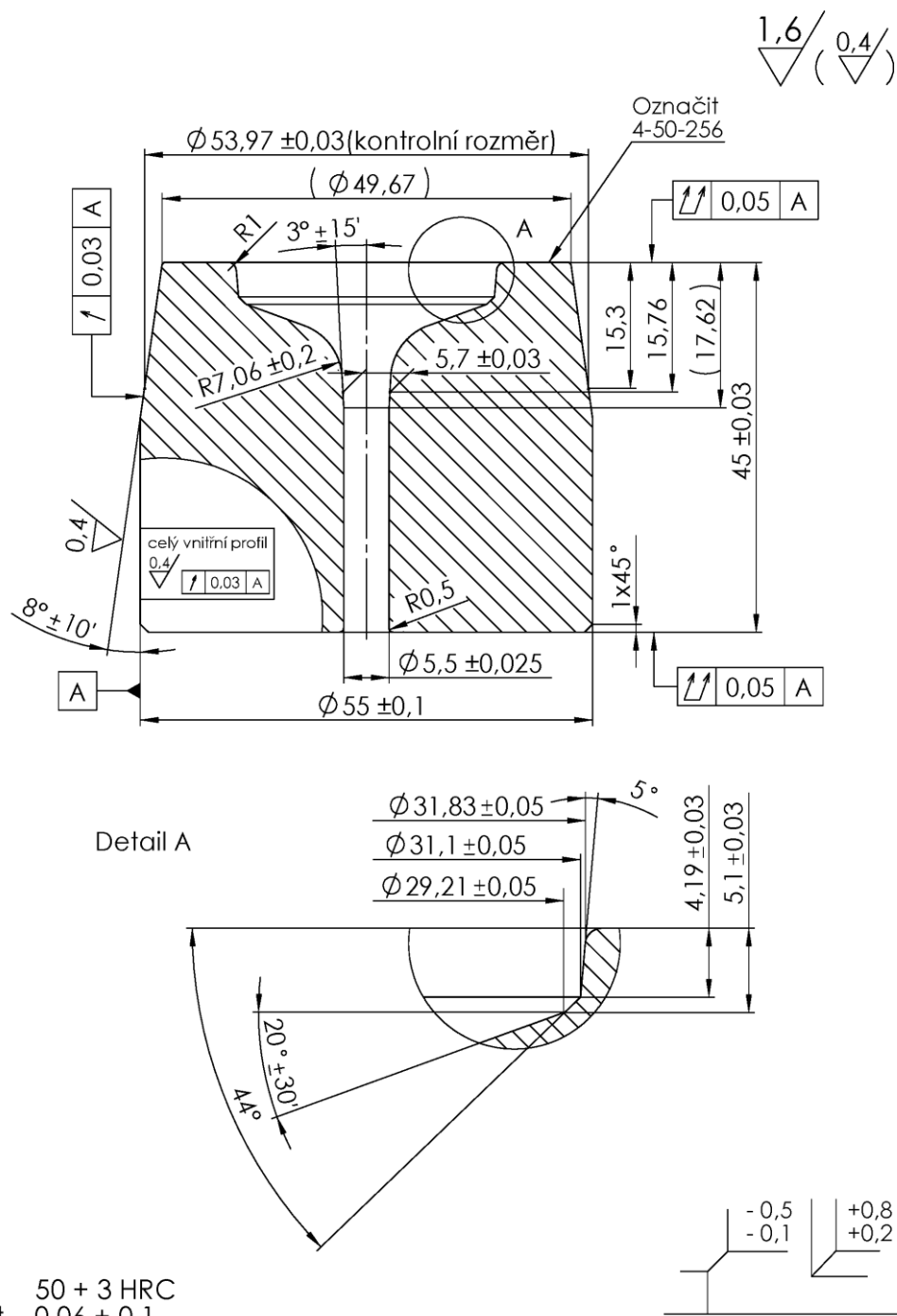
Obsluha dvou CNC soustruhů, pásové pily a značícího zařízení je prováděna jedním pracovníkem. Cyklové časy se podle druhu vyráběných výrobků a prováděné operace pohybují v rozmezí 1–35 min. U obou CNC soustruhů a značícího zařízení jsou obrobky zakládány a vyjímány ručně. Do pásové pily obsluha pouze zakládá novou tyč, provádí ruční dořezání konce tyče a měření nařezaných polotovarů.

Zápustka, jejíž výkres je na obr. 2.2, se vyrábí soustružením. Materiál pro výrobu je dodáván ve formě válcových tyčí, které jsou na jednotlivé polotovary děleny na pásové pile. Obráběcí práce prováděné na CNC soustruhu jsou rozděleny do dvou technologických operací. V první operaci je zarovnáno čelo, hrubována a dokončena vnější válcová plocha. Následuje vyvrtání díry o průměru 5 mm skrz celý obrobek. Vnitřním nožem je část díry v délce 28 mm vyhrubována a dokončena na požadovaný rozměr 5,5 mm. V druhé operaci, po upnutí kusu do tvarových čelistí, se zarovná čelo a obrobí vnější kužel. Vrtákem o průměru 21 mm je do hloubky 6 mm odebrán materiál. Toto odvrtání umožňuje zmenšení vyložení vnitřního nože o průměru 4 mm a zvýšení trvanlivosti jeho břitu, kterým je celý vnitřní tvar vyhrubován. Druhým vnitřním nožem je provedeno dokončení celého vnitřního tvaru. Při procesu obrábění je použita emulzní kapalina. Po dokončení jednotlivých obráběcích operací se provádí kontrolní měření předepsaných rozměrů. Vzhledem k tomu, že po obrábění následuje chemicko-tepelné zpracování, které ovlivní rozměry vyrobené součásti, je zapotřebí některé rozměry a tolerance pro operace obrábění upravit tak, aby po provedení CHTZ byly dodrženy hodnoty předepsaných rozměrů na výkrese.

Další operací je vyznačení identifikačního čísla na čele zápustky.

Po kompletním obrobení zápustky je realizováno chemicko-tepelné zpracování externí firmou, neboť závod Ventily nedisponuje potřebnou technologií a vybavením.

V tab. 2.1 je zpracován technologický postup výroby a uvedeny časy jednotlivých operací.



Zušlechťit 50 + 3 HRC
Nitridovat 0,06 + 0,1

Kresleno: SolidWorks	Datum: 23. 3. 2013	Měřítko: 1,5 : 1	Přesnost: ISO 2768 – mK	Tolerování:
Kreslil: Kubášek	Schválil:	Materiál: 19 541	Číslo výkresu: 4-50-256	
Typ:		List:	Vydání:	Název: Zápustka

Obr. 2.2 Výkres zápustky.

Tab. 2.1 Technologický postup.

Technologický postup				
Součást: ZÁPUSTKA		Materiál: 19 541	Vypracoval: Kubášek	
Číslo výkresu: 4-50-256		Polotovár: 55,8 × 46	Datum: 10. 3. 2013	
Číslo operace	Název operace	Popis práce	Číslo nástroje	t _{AS} [min]
	Typ stroje			
10	Dělení materiálu	Řezat polotovár ø 55,8 mm, délka l = 46 mm.		0,96
	Pásová pila			
20	Soustružení základny	Upnout kus do sklíčidla (tvrdé čelisti).		3,41
		Zarovnat čelo l = 45,5 mm.	T01	
		Hrubovat vnější ø 55,4 mm, l = 27 mm, hrubovat sražení.	T01	
		Dokončit vnější ø 55 mm a sražení.	T03	
	Soustruh KIA	Navrtat středící důlek, hloubka 3 mm.	T07	
		Vrtat ø 5 mm, l = 48 mm.	T06	
		Hrubovat vnitřní ø 5,4 mm, l = 28 mm.	T04	
		Dokončit vnitřní ø 5,5 mm, l = 28 mm.	T08	
		Kontrola rozměrů.		
30	Soustružení tvaru	Upnout kus do sklíčidla (tvarové čelisti).		32,93
		Zarovnat čelo l = 45,1 mm.	T01	
		Hrubovat vnější kužel ø 54,37 mm.	T01	
		Dokončit vnější kužel ø 53,97mm, dokončit čelo l = 45 mm.	T03	
	Soustruh KIA	Vrtat díru ø 21 mm, l = 6 mm.	T12	
		Hrubovat vnitřní tvar.	T04	
		Dokončit vnitřní tvar dvakrát.	T08	
		Kontrola rozměrů.		
40	Značení	Značit dle čísla výkresu.		0,33
	BenchMark 320			
50	Tepelné zpracování	Zušlechtit na tvrdost 50 +3 HRC, nitridovat do hloubky 0,06 +0,1 mm.	Externí firma	

Pro technologii obrábění operace 20 a 30 jsou používané nástroje a řezné podmínky uvedené v nástrojovém listě tab. 2.2 a tab. 2.3. Čísla nástrojů jsou shodná s uložením v pozicích revolverové hlavy CNC soustruhu. Podrobnější informace k nástrojům jsou napsány v kapitole 5. 5. V příloze 1 a 2 jsou uvedeny CNC programy a v příloze 7 je vypracována výrobní návodka pro operaci 20.

Tab. 2.2 Nástrojový list operace 20.

Nástrojový list – Operace 20			
Program: O0001		Stroj: KIA 2	Číslo výkresu: 4-50-256
		Součást: ZÁPUSTKA	
Číslo nástroje	Nožový držák Břitová destička	Řezné podmínky	
T01	Uběrací nůž stranový (Iscar) MWLNR 2525M-08W VBD: WNMG 080408-PP IC907	$v_c = 200 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $a_p = 1 \text{ mm}$ $f = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$	
T03	Uběrací nůž stranový (Iscar) MWLNR 2525M-06W VBD: WNMG 06T304-IC907	$v_c = 200 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $a_p = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,07 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$	
T04	Vnitřní nůž uběrací $\varnothing 4 \text{ mm}$ (Tungaloy) E04G-SCLCR03-D50 VBD: CCGT03X102L-W8 SH730	$v_c = 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $a_p = 0,08 \text{ mm}$ $f = 0,07 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$	
T06	Vrták (Walter) $\varnothing 5 \text{ mm}$ A6589DPP-5	$n = 3700 \text{ min}^{-1}$ $f = 0,06 \text{ mm}$	
T07	Středící vrták (Walter) $\varnothing 5 \text{ mm}$ A1174C	$n = 3700 \text{ min}^{-1}$ $f = 0,03 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$	
T08	Vnitřní nůž uběrací $\varnothing 4 \text{ mm}$ (Tungaloy) E04G-SCLCR03-D50 VBD: CCGT03X102L-W8 SH730	$v_c = 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $a_p = 0,05 \text{ mm}$ $f = 0,04 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$	

Tab. 2.3 Nástrojový list operace 30.

Nástrojový list – Operace 30			
Program: O0002		Stroj: KIA 2	Číslo výkresu: 4-50-256
		Součást: ZÁPUSTKA	
Číslo nástroje	Nožový držák Břitová destička	Řezné podmínky	
T01	Uběrací nůž stranový (Iscar) MWLNR 2525M-08W VBD: WNMG 080408-PP IC907	$v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $a_p = 1,2 \text{ mm}$ $f = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$	
T03	Uběrací nůž stranový (Iscar) MWLNR 2525M-06W VBD: WNMG 06T304-IC907	$v_c = 200 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $a_p = 0,2 \text{ mm}$ $f = 0,05 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$	
T04	Vnitřní nůž uběrací $\varnothing 4 \text{ mm}$ (Tungaloy) E04G-SCLCR03-D50 VBD: CCGT03X102L-W8 SH730	$v_c = 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $a_p = 0,08 \text{ mm}$ $f = 0,07 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$	
T08	Vnitřní nůž uběrací $\varnothing 4 \text{ mm}$ (Tungaloy) E04G-SCLCR03-D50 VBD: CCGT03X102L-W8 SH730	$v_c = 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $a_p = 0,05 \text{ mm}$ $f = 0,04 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$	
T12	Vrták $\varnothing 21 \text{ mm}$ (Iscar) DR210-063-25-07-3D-N VBD: SOMX 070305-DT IC908	$n = 1250 \text{ min}^{-1}$ $f = 0,03 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$	

2.3 Materiál zápustky

Zápustka je vyrobená z materiálu ČSN 19 541 (DIN: X32CrMoV3-3, W. Nr: 1.2365). Materiál je nakupován od firmy BÖHLER, jeho obchodní označení je W320 a je dodáván ve formě žíhaných kruhových tyčí.

2.3.1 Vlastnosti materiálu

Nástrojová ocel je vhodná na výrobu nástrojů určených pro práci za tepla. Má vysokou pevnost za tepla, odolnost vůči popouštění, dobrou odolnost proti opalu a dobrou tepelnou vodivost. Je odolná proti tvorbě trhlin za tepla s malou citlivostí na prudké změny teploty (umožňuje chlazení vodou). Je vhodná k nitridování v solné lázni i v plynu. Kalení lze provádět v oleji, v solné lázni nebo vakuu. Chemické složení je uvedeno v tabulce 2.4.

Tab. 2.4 Chemické složení [hm. %]. [5]

Prvek	C	Mn	Si	Cr	Mo	V
Min.	0,31	0,35	0,30	2,90	2,80	0,50

Použití

Tato nástrojová ocel je vhodná pro vysoce namáhané nástroje pro práci při zvýšených teplotách, především pro tváření legovaných ocelí. Jedná se např. o lisovací matrice, průtláčnický, nástroje na výrobu dutých těles, nástroje na výrobu šroubů, matic, vysoce namáhaná vnitřní pouzdra, protlačovací písty, zápustky, zápustkové vložky, nástroje pro tlakové lití, nože nůžek pro stříhání za tepla atd.

Tepelné zpracování

Žíhání na měkko	750–800 °C
Žíhání na odstranění vnitřního pnutí	600–650 °C
Tvrdost po žíhání na měkko	max. 240 HB
Kalící teplota	1010–1050 °C
Kalící médium	olej, vzduch, vakuum
Tvrdost po zakalení	52–56 HRC
Teplota tváření	900–1100 °C

Kalení

Kalení je prováděno ohřevem na austenitizační teplotu 1010–1050 °C ve dvou předeřhřivacích stupních a výdrž na teplotě po prohřátí v celém průřezu 15–30 minut. Poté následuje ochlazení v oleji nebo solné lázni (500–550°C).

Popouštění

Spočívá v pomalém ohřevu na popouštěcí teplotu bezprostředně po kalení. Poté se popouští minimálně dvakrát a provede se třetí popouštění ke snížení vnitřního pnutí. Výdrž na teplotě popouštění je 1 hodina na každých 20 mm tloušťky, nejméně však 2 hodiny. Ochlazení se provádí na vzduchu. [5]

2.3.2 Obrobitelnost materiálu

Obrobitelnost je technologická vlastnost materiálu, která charakterizuje jeho vhodnost k obrábění. Je ovlivněna mechanickými a fyzikálními vlastnostmi materiálu, jeho chemickým složením a tepelným zpracováním. Obrobitelnost závisí i na způsobu obrábění a řezných podmínkách. Jednotlivé materiály jsou rozděleny do devíti skupin označených písmeny malé abecedy (pro ocel je přiřazeno písmeno b). Každá z těchto skupin má stanovený etalonový materiál. Pro skupinu b je to materiál ČSN 12 050.1 s třídou obrobitelnosti 14b. K tomuto etalonu se vztahuje relativní obrobitelnost ostatních materiálů ve skupině.

Součinitel obrobitelnosti K_v je dán vztahem (2.1):

$$K_v = \frac{v_{CT/VB} \text{ zkoušeného materiálu}}{v_{CT/VB} \text{ etalonového materiálu}} \quad (2.1)$$

$v_{CT/VB}$ – řezná rychlost trvanlivosti T pro opotřebení hřbetu VB,

K_v – součinitel obrobitelnosti.

Etalonové materiály v jednotlivých skupinách mají $K_v = 1$. Pro soustružnické práce se hodnota trvanlivosti obvykle volí $T = 15$ min a opotřebení $VB = 0,3$ až $0,4$ mm. V jednotlivých skupinách se materiály zařazují do dvaceti tříd obrobitelnosti. Materiály v třídě obrobitelnosti 1 jsou nejhůře obrobitelné a v třídě 20 nejlépe obrobitelné.

Materiál ČSN 19 541 se řadí do třídy obrobitelnosti 13b pro operace soustružení, vrtání a frézování. Obrobitelnost je o třídu horší než obrobitelnost etalonového materiálu. [6]

2.4 Strojní vybavení

Uvedené stroje a měřidla tvoří část vybavení nástrojárny, kde se zápustky vyrábějí. V nástrojárně je také možnost využití software SolidWorks a SolidCAM.

Pásová pila

Dělení na pásových pilách patří k nejproduktivnějším metodám dělení materiálu a dochází zde k nejmenším ztrátám materiálu prořezem. Mezi další výhody lze zařadit vysokou kvalitu řezné plochy. Nástrojem je pilový list, svařený na obou koncích tak, že vytváří nekonečný pás, který je přes hnací a napínací kotouč veden v místě řezu rovnoměrným přímočarým pohybem (rychlost pohybu pásu odpovídá zvolené řezné rychlosti). Podobně jako u jiných metod obrábění je i při dělení na pásových pilách jedním z nejdůležitějších pracovních parametrů hodnota řezné rychlosti v_c , která závisí zejména na fyzikálních a mechanických vlastnostech děleného materiálu, tvaru a rozměrech řezaného profilu. Hodnota posuvu na zub f_z je u pásové pily konstantní. [7]

Základní polotovary tyče o průměru 55,8 mm a délky 2000 mm je dělen na automatizované pásové pile na kov s NC řízením Pilous ARG 240 DF Automat (obr. 2.3). Posuv materiálu o zadanou délku, upínání materiálu a posuv ramene s pilovým pásem do řezu a zpět je ovládán hydraulicky. Zadávání počtu řezaných kusů a počtu zdvihů podávacího zařízení se provádí na displeji řídicí jednotky. Frekvenční měnič umožňuje nastavení řezné rychlosti pilového pásu v rozsahu $15\text{--}90\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Pila má otočný stůl, který umožňuje nastavit úhel řezu až 45° . Na pile je možnost regulace tlaku podávacího i pevného svěráku a regulace rychlosti podélného posuvu podávacího svěráku. Při nastavení stroje do ručního režimu je možné ovládat všechny funkce stroje odděleně.



Obr. 2.3 Pásová pila.

Pilový pás

Délka a šířka pilového pásu je daná typem a rozměry pásové pily. Počet zubů se uvádí na palec (rozteč zubů) a může být konstantní nebo variabilní. U konstantního ozubení je rozteč břitů zubů vždy stejná. Používá se na plný materiál. Variabilní ozubení má rozdílnou rozteč zubů, která se periodicky opakuje. Tím je dosažen větší řezný rozsah a schopnost více eliminovat vibrace způsobené nárazem břitu zubu na materiál. To je vhodné pro řezání profilového materiálu a svazku. Pro optimální výkon pilového pásu je rozhodující správná volba velikosti zubu pilového pásu v závislosti na velikosti děleného materiálu. Na obr. 2.4 jsou uvedeny údaje o počtu zubů ve vztahu k rozměrům řezaného materiálu.

VARIABILNÍ OZUBENÍ a(D) [mm]		KONSTANTNÍ OZUBENÍ a(D) [mm]		VARIABILNÍ OZUBENÍ t [mm]		KONSTANTNÍ OZUBENÍ t [mm]	
0 - 30	10/14	0 - 10	18	0 - 4	10/14	0 - 2	18
20 - 40	8/12	0 - 20	14	3 - 6	8/12	0 - 5	14
30 - 60	6/10	15 - 30	10	6 - 9	6/10	3 - 8	10
40 - 70	5/8	30 - 50	8	9 - 13	5/8	5 - 12	8
60 - 110	4/6	50 - 80	6	12 - 16	4/6	10 - 14	6
80 - 140	3/4	80 - 120	4	16 - 22	3/4	12 - 20	4
120 - 350	2/3	120 - 200	3	20 - 35	2/3	20 - 40	3
250 - 600	1,4/2	200 - 400	2	30 - 85	1,4/2	40 - 70	2
300 - 600	1/2	300 - 800	1,25	40 - 85	1/2	70 - 200	1,25
550 - 3000	0,75/1,25			80 - 200	0,75/1,25		

Obr. 2.4 Tabulka vhodného ozubení pro řezané materiály. [8]

Pilové pásy můžeme podle použitého materiálu rozdělit na pásy z nástrojových ocelí, bimetalické pásy, pásy ze slinutých karbidů a diamantové pásy.

Řezná rychlost se volí nejen podle materiálu a průměru obrobku, ale také podle materiálu pilového pásu. Při řezání se přivádí do místa řezu procesní kapalina pro lepší odvod třísky a chlazení.

Použitý pilový pás pro řezání polotovarů zápustky je bimetalický s variabilní roztečí zubů a rozměrech 2710 mm × 27 mm × 0,90 mm (délka × výška × šířka) M42, 4–6 zubů na palec.

Bimetalický pás se skládá z nosného pásu ze speciální oceli, na nějž je navařena vrstva HSS materiálu, do kterého jsou vyfrézovány zuby. Pás je vhodný pro široký rozsah materiálů obrobků, včetně nástrojových a nerezových ocelí s tvrdostí do 45 HRC. [8]

Soustruh KIA – SKT 15L

Pro výrobu součástí je používán dvouosý CNC soustruh KIA – SKT 15L se šikmým ložem pod úhlem 45° , s jedním vřetenem a dvanácti-polohovou nástrojovou hlavou (obr. 2.5). Na stroji je možné provádět soustružnické operace na součástech do maximálního vnějšího průměru 350 mm a maximální obráběné délky 530 mm. Základní parametry stroje jsou uvedeny v tab. 2.5. K soustruhu je také možné připojit podavač pro tyče do průměru 43 mm a zařízení pro automatický odběr obrobků. Nástrojová hlava má dvanáct pozic pro soustružnické a vrtací operace. Šest pozic označených lichými čísly je určeno pro vnější soustružení a šest pozic označených sudými čísly pro vnitřní soustružení a vrtání. CNC řízení stroje zajišťuje řídicí systém Fanuc Series-32i-model A. Soustruh je vybaven automatickým koníkem s upínacím kuzelem Morse 4, tříčelistovým sklíčidlem ovládaným hydraulicky pomocí nožního spínače, dopravníkem na třísky a sondou pro odměřování nástrojů. [9]



Obr. 2.5 CNC soustruh KIA – SKT15L.

Tab. 2.5 Parametry stroje KIA – SKT 15L. [9]

Maximální obráběný průměr	350 mm
Maximální délka obrábění	530 mm
Velikost sklíčidla	165 mm
Maximální průměr tyčového polotovaru	43 mm
Rozsah otáček vřetene	0–6000 ot·min ⁻¹
Počet nástrojů	12
Upínací rozměr nástroje (povrch – čelo)	(25 × 25) mm
Upínací průměr osového nástroje – díra	32 mm
Kužel upínacího hrotu vřetena	MT4
Velikost stroje (š, h, v)	(2900 x 1650 x 1870) mm
Hmotnost stroje	4300 kg
Maximální výkon na vřetenu	11 KW
Řídicí systém	Fanuc-32i-model A

Značení dílů BenchMark 320

Pro vyznačení identifikačního čísla na jednotlivých výrobcích je používán mikroúderový elektromagnetický systém BenchMark 320 obr. 2.6, který umožňuje značení rychlostí 4–6 znaků za sekundu. Mikroúderové značení patří mezi kontaktní způsob, kde dochází ke kontaktu mezi značící jehlou a materiálem. Jedná se o trvalé značení, které je viditelné i pod vrstvou barvy, či jinou povrchovou úpravou, jako je tryskání nebo zinkování. Použitím různých hrotů lze popisovat materiál až o tvrdosti 64 HRC. Značení může být prováděno po přímce nebo po oblouku. [10]



Obr. 2.6 BenchMark 320.

2.5 Měřidla

Rozměry součástí jsou kontrolovány po provedení jednotlivých operací. Rozměry jsou měřeny po vyjmutí kusu ze stroje nebo v některých případech přímo na stroji. Za celý proces kvality výroby je odpovědná obsluha, což vyžaduje její kvalifikaci a zodpovědnost. Jelikož se vyrábí široký sortiment součástí v malých dávkách, využívají se univerzální měřidla a měřicí přístroje.

Orientační měření a měření méně přesných rozměrů je prováděno posuvným měřítkem s rozsahem měření 0–150 mm (obr. 2.7).



Obr. 2.7 Posuvné měřítko.

Pro rychlé měření tolerovaných rozměrů děr se používá dutinový mikrometr s rozsahem 5–6 mm (viz obr. 2.8), pro vnější průměry třmenový mikrometr s rozsahem 50–75 mm (viz obr. 2.9), oba s přesností měření 0,01 mm.



Obr. 2.8 Mikrometr vnitřní 5–6 mm.



Obr. 2.9 Mikrometr 50–75 mm.

Pro měření úhlů, kolmostí, házivostí a průměrů slouží souřadnicové měřidlo Tesa micro-hite 3D DCC se softwarem PC-Dmis a měřící hlavou TESASTAR (obr. 2.10). Měření lze provádět jak v ručním, tak v plně automatizovaném režimu. Výsledky měření je možno přehledně zobrazit v protokolu o měření a ten pak uložit nebo vytisknout. Základní přístroj je tvořen pohyblivou portálovou konstrukcí s možností pohybu ve třech základních osách. Pomocí kuličkových a speciálních sond je možné měřit široké spektrum tvarů a rozměrů.



Obr. 2.10 Souřadnicový měřící stroj Tesa.



Obr. 2.11 Profilové měřidlo Mahr.

Pro měření profilu vnitřní části zápusky se používá s PC propojené měřidlo Perthometer Concept od firmy Mahr (obr. 2.11). Naměřené výsledky lze zaznamenat do protokolu o měření a následně vytisknout nebo uložit. Protokol měření je v příloze 6. Měřidlo umožňuje i měření drsnosti povrchu.

3 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE ZÁPUSTKY

3.1 Všeobecná kritéria technologičnosti konstrukce

Technologičnost konstrukce je souhrn technologicko-ekonomických požadavků, které má splnit konstrukce výrobku pro zajištění funkčnosti a požadované životnosti při maximální hospodárnosti výroby. Tyto vlastnosti výrobku lze zajistit při konstruování a prohloubit při technologickém zpracování výroby. Požadované cíle lze docílit ekonomickými a technickými vědomostmi aplikovanými v oblastech volby materiálu a technologie výroby, možnostmi výroby v podniku, případně mimo podnik. Obecně můžeme hlavní požadavky na konstrukci z hlediska technologičnosti uvést v následujících zásadách: [13]

- vysoká využitelnost materiálu (malý odpad, vhodné profily),
- správná volba technologie výroby přizpůsobená konstrukci a objemu výroby,
- využití nízkého počtu druhů materiálů,
- využití hromadně vyráběných polotovarů a dílů,
- volba tvaru a rozměrů s ohledem na technologii výroby,
- přiměřené nároky na drsnosti ploch, přesnost rozměrů a tvarů,
- krátká, snadná a nenákladná příprava výroby,
- co nejmenší spotřeba speciálních nástrojů, přípravků, strojů, zařízení a měřidel,
- součást vyrábět s co nejmenším počtem operací a jejich složitostí,
- co nejkratší doba výroby a montáže,
- co nejjednodušší manipulace a doprava,
- co nejméně výrobních a skladovacích ploch,
- využívání typizovaných a normalizovaných součástí,
- možnost nenáročné recyklace výrobku. [7, 19]

3.2 Technologičnost zápustky

Technologičnost konstrukce je hodnocena z hlediska přesnosti tvarů, rozměrů a drsnosti obráběných ploch. Uvedený rozbor napomáhá zvolit vhodné metody obrábění, vybrat vhodné nástroje, stanovit počet operací a upínací plochy, jež budou nejvhodnější a nejehospodárnější.

Vnější tvary jsou shodné pro všechny druhy zápustek typu – A. Vnitřní tvar profilu odpovídá negativnímu tvaru budoucího výkovku ventilu. Průměr díry je odvozen od průměru válcové části výkovku ventilu.

Polotovary

Zásadou při volbě polotovaru je, aby odpad byl co nejmenší. Součást je válcového typu, proto je výhodné zvolit polotovary ve formě válcové tyče. Průměr se volí nejbližší vyšší normalizovaný.

Zvolený polotovar je válcová tyč o průměru 55,8 mm dodávaná v délce 2000 mm. Tato délka je volena z důvodu snazší ruční manipulace s tyčí při zakládání do stroje. Vyrábět zápustku přímo z tyčového materiálu není možné, neboť maximální průchodnost včetně CNC soustruhu je 43 mm a největší průměr na součástce je 55 mm. Přídavek 0,8 mm na průměru polotovaru umožňuje příznivou využitelnost materiálu při zachování vhodného technologického přídavku pro obrábění vnějšího průměru. Přídavek na délku polotovaru se volí podle přesnosti a způsobu dělení. Pro polotovary řezané na pásové pile je zvolen přídavek 1 mm.

Rozbor tvaru a přesnosti výroby

Zápustka je rotačního typu, vhodná pro obrábění soustružením, při upnutí v univerzálním sklíčidle se třemi čelistmi. Vystředění součásti je závislé na správném seřízení upínacích čelistí a kvalitě upínacích ploch.

Žádný rozměr se nedá obrobit v požadované jmenovité hodnotě, proto je každý rozměr tolerovaný. Rozsah tolerance přesnosti rozměrů se volí tak, aby byl optimální jak z hlediska funkčnosti součásti, tak i z hlediska výroby. Příliš úzké tolerance zbytečně zvyšují počet operací, kladou vyšší nároky na přesnost použitých strojů a tím prodražují výrobu.

Vnější kuželová plocha musí být podle výkresu vyrobena s dostatečnou přesností a jakostí povrchu z důvodu, že slouží k upínání a vystředění zápustky v přípravku základové desky kovacího lisu. Obrobení této vnější plochy a vnitřního profilu je proto výhodné provést při jednom upnutí součásti a zaručit tak souosost obou ploch.

Předepsaná tolerance průměru díry je nutná pro správné vedení dříku ventilu při kování. Přesnost rozměrů určující vnitřní tvar zápusky zajišťuje budoucímu výkovku vhodné technologické přídavky na obrábění, nebo dodržení tolerancí rozměrů hlavy ventilu, které jsou předepsány výkresovou dokumentací, a která se dále neobrábí. Přesnost jednotlivých rozměrů a drsnost povrchu zápusky je volena tak, aby odpovídala její funkci.

4. URČENÍ PROBLÉMOVÝCH MÍST

Při technologii obrábění vnitřní části zápustky je nutné dodržet předepsanou přesnost rozměrů a jakost obrobené plochy uvedené na výkrese. Přesnost je ovlivněna zejména řeznými podmínkami, geometrií břitu nástroje, obráběným materiálem, řezným prostředím, tuhostí a pevností systému stroj – nástroj – obrobek. Při hrubování požadujeme odebrání co největšího objemu materiálu za jednotku času, při dokončování požadujeme dodržení předepsaných parametrů obráběné plochy. Při obrábění vnitřní části zápustky, kde limitující rozměr pro zvolený nástroj je díra o průměru 5 mm, je použit nástroj s pevností a tuhostí odpovídající jeho průměru 4 mm. Pro tento nástroj je nutné použít odpovídající (nízké) řezné podmínky, což zejména při operaci hrubování prodlužuje výrobní čas obrábění. Při dokončovací operaci a špatně zvolených řezných podmínkách může u tohoto nástroje docházet k vibracím a tím ke zhoršení kvality povrchu a přesnosti obráběné plochy.

4.1 Drsnost obrobené plochy

Drsnost obrobené plochy je určena stopami, které zanechá při obrábění břit nástroje na povrchu obrobku. Na drsnost má vliv tvar a geometrie břitu, posuv a řezná rychlost. Dalšími faktory ovlivňující drsnost obrobené plochy jsou tuhost soustavy stroj – nástroj – obrobek, mechanické a fyzikální vlastnosti obráběného materiálu a řezné prostředí.

Nejvýraznější vliv na drsnost obrobené plochy má posuv. S rostoucím posuvem roste úměrně i drsnost obrobené plochy. Maximální drsnost povrchu daná stopou nástroje po soustružení je dána vztahem (4.1).

$$R_y = \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon} \quad [\mu\text{m}] \quad (4.1)$$

Pro výpočet drsnosti soustružené plochy lze za určitých podmínek obrábění využít vztah (4.2).

$$R_a = 0,26 \cdot \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon} \cdot 10^3 \quad [\mu\text{m}] \quad (4.2)$$

R_a – střední aritmetická úchylka profilu [μm],

R_y – hloubka drážky [μm],

f – posuv nástroje [$\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$],

r_ϵ – poloměr zaoblení břitu [mm]. [11]

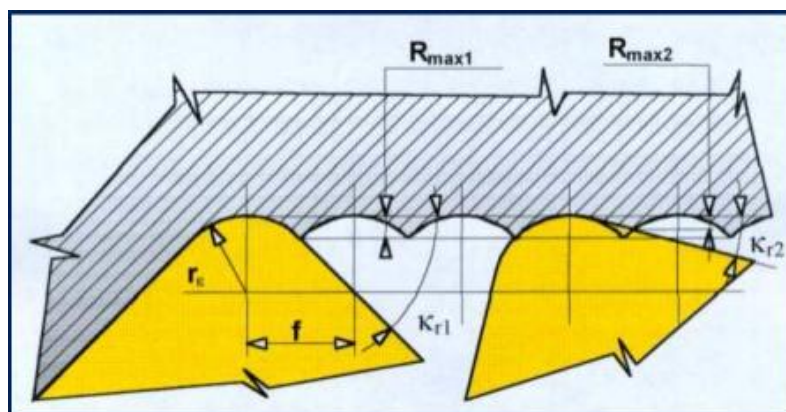
V tab. 4.1 jsou podle vzorce (4.2) vypočítány hodnoty R_a obrobené plochy dosažené při soustružení. Výpočet je proveden pro dva poloměry zaoblení špičky břitu a pro šest hodnot posuvu.

Tab. 4.1 Vypočtené hodnoty R_a pro různé posuvy a poloměry zaoblení špičky břitu.

Poloměr zaoblení r_ϵ [mm]	Posuv f [mm·ot ⁻¹]					
	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
0,2	0,15	0,26	0,41	0,59	0,80	1,04
0,4	0,07	0,13	0,20	0,29	0,40	0,52

Řezná rychlost ovlivňuje drsnost obrobené plochy méně než posuv. Větší drsnost se projevuje převážně při menších řezných rychlostech, kdy je vyšší pravděpodobnost tvoření nárůstku, který zhoršuje strukturu obrobené plochy a může při obrábění měnit skutečné rozměry obrobku. [7]

Z geometrie břitu nástroje ovlivňuje drsnost povrchu úhel nastavení hlavního ostří κ_r a vedlejšího ostří κ_r' . Větší úhly mají za následek vyšší drsnost obrobené plochy. Vliv úhlů nastavení je znázorněn na obr. 4.1. V případě že je malý poloměr zaoblení špičky a je použit malý posuv, je význam úhlů hlavního a vedlejšího ostří zanedbatelný. Větší poloměr zaoblení špičky břitu nástroje r_ϵ drsnost obrobené plochy snižuje především při malých posuvech a malé hloubce řezu.



Obr. 4.1 Vliv úhlů nastavení a poloměru špičky na drsnost obrobené plochy. [12]

Na drsnost obrobené plochy má příznivý vliv řezné prostředí s použitím procesních kapalin, které mají mazací účinek. To je výhodné při dokončovacím obrábění a malých řezných rychlostech, kdy účinek procesních kapalin zabraňuje tvoření nárůstku a snižuje tření při řezu.

Dalším faktorem mající vliv na drsnost obrobené plochy je tuhost soustavy stroj – nástroj – obrobek. Při malé tuhosti soustavy může docházet ke chvění a tím zvýšení drsnosti obráběné plochy. Chvění lze omezit zmenšením vyložení nástroje, změnou řezné rychlosti nebo posuvu a volbou nástroje s jinou geometrií břitu.

4.2 Řezné podmínky pro soustružení

Řeznými podmínkami při soustružení se rozumí řezná rychlost, posuv a hloubka záběru. Volba řezných podmínek závisí na obráběném materiálu, materiálu nástroje, tuhosti soustavy stroj – nástroj – obrobek a na požadovaných parametrech obráběných ploch. Volbou řezných podmínek je možno ovlivnit trvanlivost ostří, výkon obrábění (množství odebraného materiálu za jednotku času), velikost řezných sil, jakost obrobené plochy a další parametry. Při volbě řezných podmínek je nutno respektovat hledisko požadované přesnosti a hledisko nákladů na obrábění. Vynaložené úsilí při hledání optimálních řezných podmínek závisí také na druhu výroby. Čím je počet obráběných součástí za stejných řezných podmínek vyšší, tím více se vyplatí zjišťování optimálních řezných podmínek. Při určování řezných podmínek je vhodné se řídit doporučením výrobce nástrojů uváděných v příručkách a katalozích. Pro určování vhodných řezných podmínek jsou velkou výhodou zkušenosti obsluhy a programátora a zkušenosti s výrobním procesem. [12]

Pro dosažení maximální tuhosti nástroje je doporučováno používat jeho co nejmenší vyložení. Maximální vyložení vnitřního soustružnického nože by nemělo přesáhnout trojnásobek až pětinasobek průměru držáku nástroje. [22]

Hloubka záběru a_p – se volí podle přídavku na obrábění. Přídavek odbíráme pokud možno na jednu třísku. Hloubka třísky je však omezena délkou ostří břitu nástroje (v záběru nemají být více než 2/3 délky ostří), tuhostí stroje, nástroje, obrobku a výkonem stroje. Hloubka záběru při soustružení se obvykle pohybuje v rozsahu 0,03 až 30 mm.

Řezná rychlost v_c – se u soustružení stanovuje podle druhu řezného materiálu a materiálu obrobku v rozsahu 10 až 600 m·min⁻¹. Řezná rychlost je definována vztahem (4.3). Otáčky obrobku při soustružení lze vypočítat podle vztahu (4.4).

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (4.3)$$

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (4.4)$$

v_c – řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$],

D – průměr obrobku [mm],

n – otáčky [min^{-1}].

Posuv f – je dráha, kterou vykoná nástroj za jednu otáčku obrobku. Volba posuvu závisí na požadované jakosti obrobené plochy a je též ovlivněna geometrií břitu, tuhostí nástroje, obrobku, stroje a jeho výkonem. Posuv se volí co největší tak, aby vyhovoval uvedeným kritériím. Obvykle se pohybuje v rozsahu 0,05 až 2 $\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$. [12]

5 NÁVRH NOVÉHO TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

5.1 Řídicí systém CNC stroje

Číslicově řízené stroje jsou charakteristické tím, že ovládání pracovních funkcí stroje je prováděno řídicím systémem pomocí programu. Informace o požadovaných činnostech jsou zapsány v programu pomocí alfanumerických znaků. Vlastní program je sestaven ze slov, vět a bloků.

Na počátku programu je před prvním řádkem (blokem) uveden znak %, za znakem je uvedeno číslo programu. Před tímto znakem lze uvádět informace, které stroj nezpracovává (poznámky, název součásti atd.). Poznámky je možné uvádět i v programu, ale je nutné je dát do závorky. Program pokračuje nastavením nulového bodu obrobku, nástroje a nástrojové korekce, nastavením řezných podmínek, roztočením vřetene, spuštěním procesní kapaliny atd. V další části následuje popis drah nástroje při obrábění součásti. Program končí funkcí M30.

Informace, které program obsahuje, lze rozdělit na:

geometrické – popisují dráhy nástroje, které jsou dány rozměry obráběné součásti, způsoby jejího obrábění a popisují příjezd a odjezd nástroje. Jde o popis drah nástroje v kartézských souřadnicích, kdy pro tvorbu programu potřebujeme rozměry z výrobního výkresu. V programu je u soustruhu uveden popis v osách X a Z,

technologické – určují technologii obrábění z hlediska řezných podmínek. Jsou to zejména otáčky nebo řezná rychlost, posuv a případně hloubka řezu,

pomocné – jsou to informace a povely pro stroj. Povely umožňující např. zapnutí chladicí kapaliny, určení směru otáček vřetene, přerušení cyklu a podobně. [13]

Program je možné sestavit třemi základními způsoby:

ručně – je to nejstarší způsob, kdy programátor napíše celý program na základě výrobního výkresu. Základem ručního programování je znalost programovacího jazyku a ISO kódu, ve kterém se program vytváří. K tvorbě programu se používá textový editor,

CAD/CAM systémem – model součásti vytvořený v CAD programu je zpracován pomocí CAM software a výstup v podobě NC programu je importován do CNC stroje,

dílenské programování – program je vytvářen řídicím systémem na základě zadaných informací o polotovaru a konečném tvaru součásti. Při tvorbě programu je využívána grafická podpora, která je součástí řídicího systému. [14]

5.1.1 Souřadnicový systém soustruhu

Stroje používají kartézský systém souřadnic. Systém je pravotočivý a pravoúhlý s osami X a Z. Nástroj se v něm pohybuje podle zadaných příkazů z řídicího panelu CNC stroje nebo podle příkazů spuštěného programu. Průsečík os X a Z se nazývá nulový bod souřadného systému. Osa rovnoběžná s osou pracovního vřetene je označována jako osa Z, a k ní kolmá jako osa X. Počátek souřadnic programátor vkládá do nejvýhodnějšího místa na obrobku. Podle způsobu zadávání změn rozměrových slov se zadává přemístění nástroje v jednotlivých souřadných osách:

- v absolutních hodnotách, kdy souřadnice programovaného bodu jsou vztaženy k počátku souřadného systému definovaného na CNC stroji, tj. obvykle k nulovému bodu obrobku,
- v přírůstkových hodnotách, kdy jsou souřadnice programovaného bodu vztaženy k předchozímu bodu a programuje se přírůstek souřadnic v kladném nebo záporném směru osy. [13, 14]

5.1.2 Nulové a další vztažné body

Body se dělí do dvou skupin, a to na vztažné body, které stanovuje výrobce a jejich polohu nelze měnit, a na body jejichž polohu volí programátor. Řídicí systém stroje po zapnutí aktivuje souřadnicový systém, ten má svůj počátek (nulový bod), který musí být přesně stanoven. Podle použití mají body své názvy.

M – nulový bod stroje – je stanoven výrobcem a je výchozím bodem pro všechny další souřadnicové systémy a vztažné body na stroji.

W – nulový bod obrobku – jeho polohu stanoví programátor. Většinou se jedná o bod na obrobku, ke kterému jsou vztaženy výkresové koty.

R – referenční bod stroje – je stanoven výrobcem a realizován koncovými spínači stroje. Nájezd do bodu je nutno provést po zapnutí stroje, kdy hledání bodu je automatické a probíhá postupně v jednotlivých osách X, Z.

F – nulový bod nástrojového držáku – referenční bod nástrojového držáku, ke kterému se vztahují rozměry všech nástrojů. Bod je stanoven výrobcem.

P – nulový bod nástroje – u soustružnického nože leží na teoretické špičce nože, u rotačních nástrojů leží bod v průsečíku osy a plochy čela nástroje. [14]

5.1.3 Korekce nástrojů

Pro obrábění jednoho obrobku se obvykle používá několik nástrojů. Nástroje mají různou délku a poloměr zaoblení špičky. Zadáním korekce nástrojů program CNC stroje přizpůsobí dráhy nástrojů během provádění programu a umožní, aby jednotlivé body obrobku mohly být programovány podle výkresu. Jednotlivé korekce pro nástroje definujeme v řídicím systému.

Korekce délková – je dána rozdílem špičky nástroje a vztažného bodu nástrojového držáku. U soustružnických nůžů se zadávají korekce v osách X a Z. U rotačních nástrojů pouze v ose Z. Nástroje mohou být odměřovány pomocí sondy přímo na stroji a automaticky se naměřené hodnoty zapíše k danému nástroji do tabulky nástrojů.

Korekce rádiusová – soustružnický nůž má vždy zaoblenou špičku nástroje. Poloměr špičky nástroje způsobí nepřesnost při výrobě kuželových a tvarových ploch, pokud nebudeme se zaoblením počítat. Korekce nám umožňuje programovat přímo jednotlivé body na obrobku, aniž bychom museli brát ohled na poloměr zaoblení špičky nástroje, rozdíl vypočítá software v CNC programu. Korekce bude provedena jen tehdy, bude-li v programu použita příslušná funkce. Pro správné použití korekce na poloměr špičky nástroje je nezbytné zadat polohu ostří číslem 1–9 vzhledem k obráběné ploše. [13, 14]

5.1.4 Řídicí systém FANUC

Společnost FANUC vyvíjí a vyrábí řídicí systémy CNC pro obráběcí stroje a další aplikace. Produkty systémů pokrývají veškeré průmyslové aplikace od jednoduchých frézek a soustruhů až po komplexní systémy vysoce výkonných CNC strojů. Systémy umožňují snadné a rychlé programování soustružení, frézování a komplexního obrábění. Série 32i je univerzální řídicí systém pro moderní a vysoce výkonné stroje, který umožňuje řízení až 9 os a 2 vřeten. Systém je vybaven slotem pro paměťovou kartu. Přenos dat pomocí paměťové karty je obousměrný a umožňuje přenášet nejen NC programy, ale i informace o historii alarmů, záznamy zásahů obsluhy, snímků obrazovky a dalších záznamů. Systém umožňuje 2D i 3D simulaci. [15]

Programování – nejdůležitější funkce

U každého programu jsou základní části funkce, které se v programování rozdělují na G a M. Funkce je tvořena adresovým a číselným označením. U systému FANUC se může význam funkce lišit od jiných výrobců řídicích systémů, ale i mezi jednotlivými verzemi určenými pro různé obráběcí stroje.

Přípravné funkce G – přípravné (geometrické) funkce sdělují, jakým způsobem se bude provádět pohyb, jestli po přímce nebo po kružnici, kdy bude zapnuta nebo vypnuta korekce špičky nástroje, zda pohyb bude vykonáván posuvem nebo rychloposuvem a další. Číslo, které následuje za adresou G, určuje význam povelu pro daný blok. Význam použitých přípravných funkcí G, systému FANUC při výrobě zápusky je uveden v tab. 5. 1.

Tab. 5.1 Seznam použitých přípravných G funkcí.

Označení funkce	Název funkce
G00	Nájezd do polohy (rychloposuv)
G01	Lineární interpolace (řezný posuv)
G02	Kruhová interpolace (ve směru hodinových ručiček)
G03	Kruhová interpolace (proti směru hodinových ručiček)
G28	Nájezd do referenční polohy
G40	Korekce na špičku nástroje: zrušení
G41	Korekce na špičku nástroje: zleva
G42	Korekce na špičku nástroje: zprava
G50	Omezení maximálních otáček vřetena
G70	Dokončovací cyklus
G71	Ubírání materiálu při soustružení
G96	Řízení konstantní obvodové rychlosti
G97	Zrušení řízení konstantní obvodové rychlosti
G98	Najetí do referenčního bodu
G99	Posuv na otáčku

Pomocné funkce M – pomocné (přípravné) funkce slouží k vyvolání doplňkových povelů řídicího systému např. zapnutí a vypnutí otáček vřetene, zapnutí a vypnutí chlazení apod. Použité funkce M jsou uvedeny v tab. 5.2.

Tab. 5.2 Seznam použitých pomocných M funkcí.

Označení funkce	Název funkce
M03	Otáčky vřetene: proti směru hodinových ručiček (z pohledu od koníka)
M04	Otáčky vřetene: ve směru hodinových ručiček
M08	Zapnutí čerpadla chlazení
M09	Vypnutí čerpadla chlazení
M30	Konec hlavního programu

Obráběcí cykly

Cykly usnadňují programování tím, že není nutno programovat např. několik třísek opakovaně při hrubování povrchu, ale stačí zadat funkci G s číslem požadovaného cyklu a další potřebné adresy k této funkci. Řídící program při obrábění sám rozpočítá jednotlivé třísky podle zadaných parametrů. Cykly u soustružení řeší hrubování čelní a podélné, opakování tvaru při dokončení, řezání závitů, tvarové zápichy nožem a další.

Hrubovací cyklus G71

Pomocí cyklu je možno hrubovat vnitřní nebo vnější tvar obr. 5.1. Jednotlivé body tvaru musejí mít vzestupné vzdálenosti od nulového bodu obrobku a zvětšující nebo zmenšující hodnoty průměru.

Jednotlivé řádky v předpisu cyklu slouží k nastavení výchozích parametrů obrábění a nastavení řezných podmínek. Mezi znaky N(ns) a N(nf) se zapisují do bloku jednotlivé body tvaru v souřadnicích X a Z s příslušnými přípravnými funkcemi G.

Obecný blok zápisu:

T(t);

G96 S(s) M3;

G00 G(k) X(x) Z(z) M8;

G71 U(Δd) R(e);

G71 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f);

N(ns);

.....

N(nf);

Δd – hloubka řezu (hodnota na poloměr),

e – velikost odskoku,

ns – číslo sekvence prvního bloku programu pro konečný tvar,

nf – číslo sekvence posledního bloku programu pro konečný tvar,

Δu – vzdálenost a směr přídavku na dokončení ve směru X,

Δw – vzdálenost a směr přídavku na dokončení ve směru Z,

k – korekce na špičku nástroje,

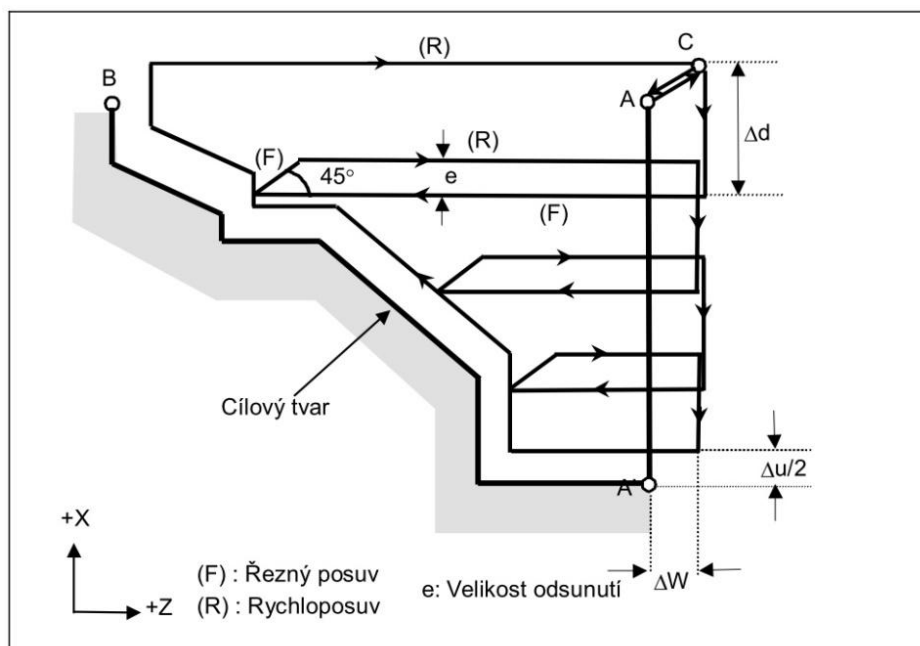
t – číslo nástroje,

s – řezná rychlost,

f – posuv,

x – hodnota výchozí souřadnice X,

z – hodnota výchozí souřadnice Z.



Obr. 5.1 Řezná dráha s parametry cyklu. [16]

Dokončovací cyklus G 70

Po hrubovacím obrábění cyklem G71, umožňuje cyklus provést dokončování tvaru zadaného mezi bloky N(ns) a N(nf). Přídavky na dokončení jsou nastaveny v hrubovacím cyklu.

Obecný blok zápisu:

 $T(t);$

G96 S(s) M3;

G00 G(k) X(x) Z(z) M8;

G70 P(ns) Q(nf) F(f);

ns – číslo sekvence prvního bloku programu pro konečný tvar,

nf – číslo sekvence posledního bloku programu pro konečný tvar,

k – korekce na špičku nástroje,

t – číslo nástroje,

s – řezná rychlost,

f – posuv,

x – hodnota výchozí souřadnice X,

z – hodnota výchozí souřadnice Z. [16]

5.2 CAD/CAM systémy

CAD/CAM systémy uskutečňují vyšší stupeň počítačové podpory než klasické ruční CNC programování. Model vytvořený v CAD systému se zkopíruje pro další práci do modelu CAM. Programátorské vědomosti jako jsou funkce G a M, popis dráhy, možnosti a předpisy cyklů atd. není třeba uvádět. Vygenerují se automatizovaně pomocí zadaných příkazů z převzaté kontury CAD nebo z 3D modelu. CAD/CAM systémy umožňují vytváření různých strategií při obrábění, které snižují výrobní časy, zlepšují kvalitu obráběné plochy a využívají možnosti moderních nástrojů. Pro optimální využití systému je důležité správně odladit výstup (NC program) do formátu, který je čitelný konkrétním řídicím systémem stroje. Odladění CAM systému spočívá především ve správné definici spojovacího článku mezi CAM systémem a řídicím systémem CNC stroje. Spojovacím článkem je postprocessor, který zajišťuje generování programu v potřebném formátu pro řídicí systém CNC stroje.

Velkou předností CAD/CAM systémů je značná úspora času při generování drah nástroje oproti klasickému programování, zejména u tvarově komplikovaných součástí.

CAD – Computer Aided Design (počítačem podporované navrhování a kreslení).

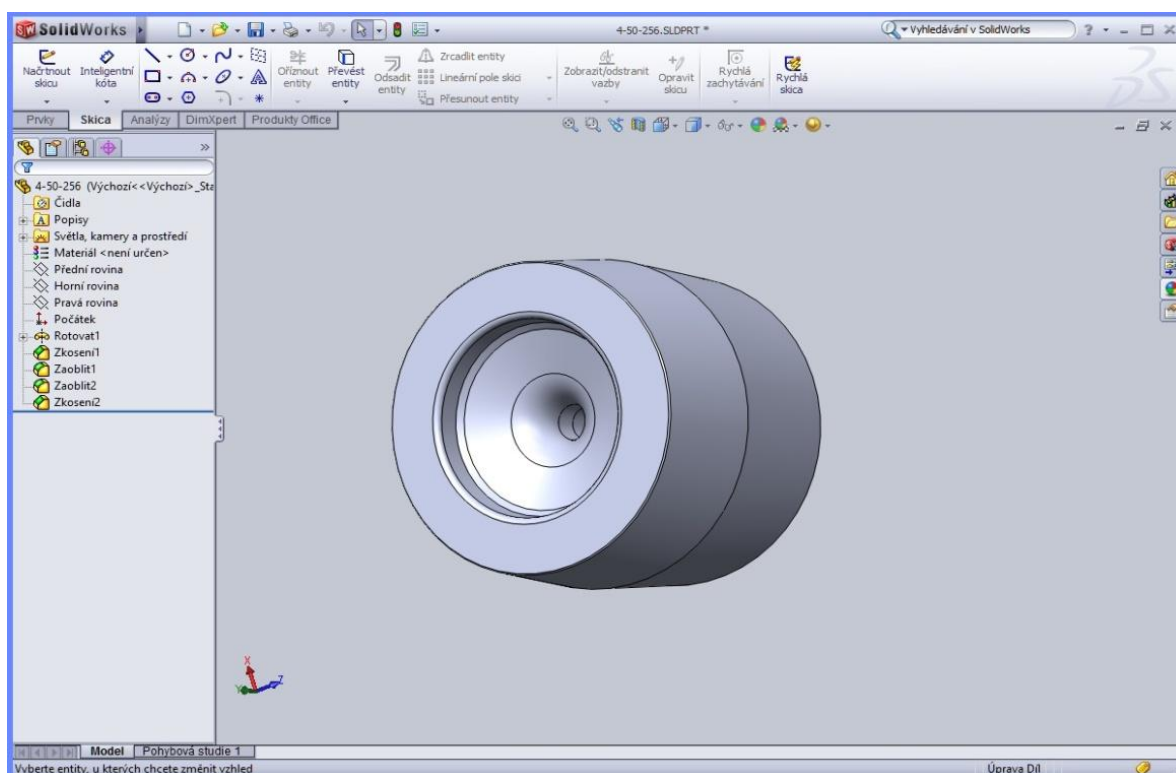
CAM – Computer Aided Manufacturing (počítačová podpora dílenských činností).

Tvorba programu pomocí CAD/CAM systému

- 1) Vytvoření modelu pomocí CAD software.
- 2) Zvolení rozměrů a tvarů nástroje a bodu výměny nástroje.
- 3) Podmínky vlastního obrábění:
 - strategie obrábění daného operačního úseku vázaného na jeden nástroj,
 - poloha obrábění ke kontuře (G41, G42),
 - způsob obrábění (podél kontury, lineárně atd.),
 - chlazení nástroje,
 - další volby, jako ochrana proti kolizi s držákem nástroje atd.
- 4) Vytvoření dat pro provedení simulace programu, pro kontrolu proti kolizím a neobrobeným nebo podřezaným místům plochy.
- 5) Automatizované vyhotovení programu, který se zapisuje v blocích ISO kódu jako při ručním programování a přenos do CNC stroje. [13, 17]

5.2.1 SolidWorks

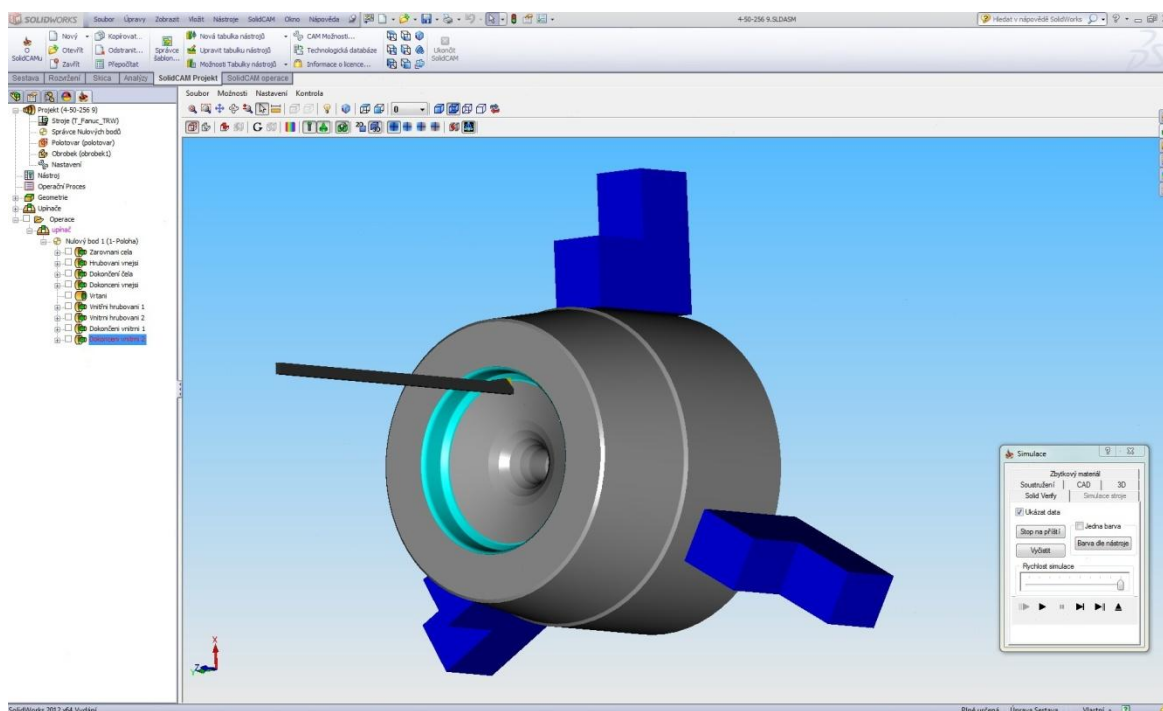
Program SolidWorks je parametrický systém pro 3D objemové a plošné modelování, který umožňuje práci s rozsáhlými sestavami a automatické generování výrobních výkresů. Pomocí programu lze také navrhovat plechové díly, formy a svařované součásti. Dále podporuje komunikaci s dalšími CAD programy. Mezi jeho přednosti patří zejména intuitivní, snadné a přehledné ovládání v systému Windows. Na obr. 5.2 je znázorněno prostředí programu. [18]



Obr. 5.2 Prostředí programu SolidWorks.

5.2.2 SolidCAM

SolidCAM je plně integrovaný CAM systém v prostředí CAD systému SolidWorks. Funkce pro definici obráběcích operací jsou integrovány v komfortním grafickém prostředí SolidWorks. Veškeré úkony spojené s ovládáním 3D modelu dílu nebo sestavy jsou řešeny nástroji a funkcemi SolidWorks. SolidCAM jako zásuvný modul, nabízí úplné řešení pro souvislé řízení dvouosých až pětiosých obráběcích strojů a je určen především pro třískové obrábění. Poskytuje funkce pro definování obráběcích operací, pro simulaci a kontrolu obrábění a pro generování CNC programu. Ukázka prostředí programu je na obr. 5.3. [18]



Obr. 5.3 Prostředí simulace v programu SolidCAM.

5.3 Technologie výroby

Současná technologie výroby vnitřní části zápustky, část operace 30 stávajícího technologického postupu (tab. 2.1) není příliš efektivní, neboť celý profil je obráběn vnitřním nožem o průměru 4 mm, u nějž je nutné použít řeznou rychlost, posuv a hloubku řezu odpovídající jeho tuhosti. Stávající čas obrobení této části je cca 28 min. Z výše uvedeného vyplývá, že je vhodné zvolit jinou strategii a navrhnout technologii obrábění, která sníží výrobní čas tohoto úseku operace. Návrh nové technologie je zaměřen na obrábění této části zápustky. Ostatní výrobní operace zůstanou zachovány ve stávající podobě.

Možnosti, jak dosáhnou zkrácení výrobního času operace 30, jsou navrženy ve dvou variantách. Obě varianty jsou realizovány na uvedeném CNC soustruhu KIA s využitím většiny stávajících nástrojů. Nástroje pro novou technologii výroby, jsou vybrány z nástrojů již používaných při výrobě jiných součástí a není nutno je nakupovat. Tato volba nezvyšuje nároky na nákup a skladování nových nástrojů a vyměnitelných břitových destiček.

5.3.1 Varianta 1 – obráběcí cykly

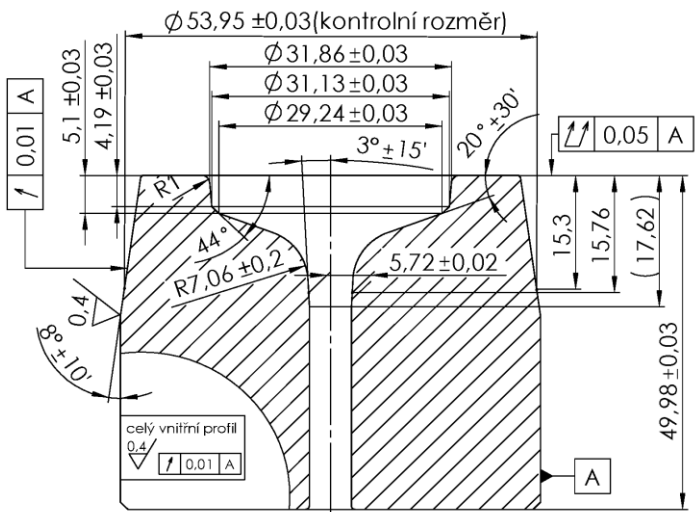
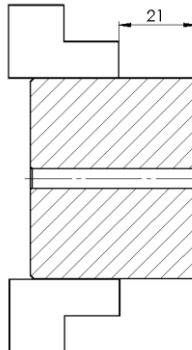
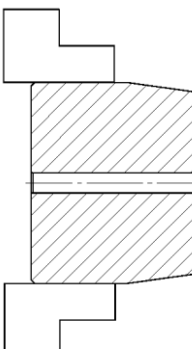
Vnější soustružnickým nožem zarovnáme čelo a vyhrubujeme vnější kuželovou plochu. U obou úseků operace ponecháme přídavek na dokončení. Dokončovací vnějším nožem přesoustružíme čelo a kuželovou plochu na požadovaný rozměr. Vrtákem $\varnothing 21$ mm vyvrtáme do čela zápusťky osazení do hloubky 6 mm. Osazení je voleno z důvodu zvýšení trvanlivosti vnitřního hrubovacího nástroje a možnosti naprogramování výchozího bodu hrubovacího cyklu G71 na čele vyvrtaného osazení. Umožňuje také snížení vyložení vnitřního hrubovacího nože, neboť do tohoto osazení může při hrubování zajíždět část redukce ve které je nožový držák upnutý. Hrubování vnitřního profilu je rozděleno do dvou výrobních úseků. První úsek je hrubován stávajícím vnitřním nožem o průměru 4 mm a to až do průsečíku rádiusu $r = 7,06$ mm a kuželové části s úhlem 20° . Pro hrubování druhé části profilu je zvolen vnitřní nůž o průměru 10 mm, který umožňuje použít vyšší řezné podmínky a urychlit obrábění. Dokončení tvaru je provedeno vnitřním nožem o průměru 5 mm s poloměrem zaoblení špičky $r_\epsilon = 0,4$ mm, což umožňuje použít vyšší posuv při zachování předepsané drsnosti povrchu oproti stávajícímu noži s poloměrem zaoblení špičky $r_\epsilon = 0,2$ mm.

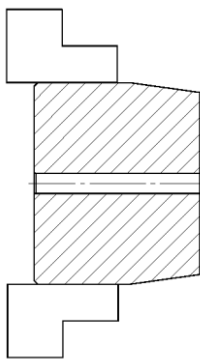
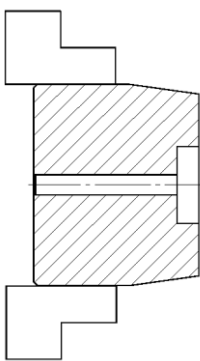
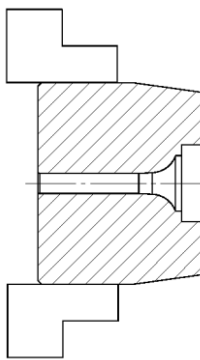
Jednotlivé kroky operace jsou zpracovány ve výrobní návodce tab. 5.3. Pro lepší pochopení navrhovaného technologického postupu je do výrobní návodky vložen obrázek zápusťky v řezu, která je upnutá ve sklíčidle. Ve výrobní návodce jsou použité nástroje uvedeny pod číslem uložení v revolverové hlavě CNC soustruhu. Měření velikosti vyložení L vnitřního soustružnického nože z redukce je znázorněno na obrázku 5.4. Ve výrobní návodce jsou uvedeny výrobní časy jednotlivých částí operace, které jsou získány z cyklu stroje. Obrábění je programováno pomocí ručního ISO programování s využitím obráběcích cyklů G70 a G71. Nulový bod obrobku W je umístěn v průsečíku plochy čela a osy rotace součásti. Čas dávkové práce t_B získaný měřením je 60 min.

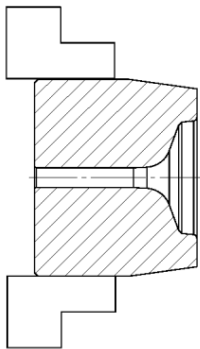
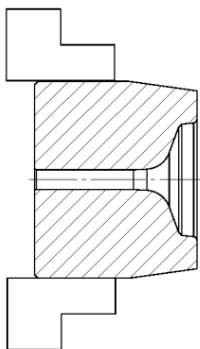


Obr. 5.4 Vyložení vnitřního soustružnického nože.

Tab. 5.3 Výrobní návodka – operace 30.

Výrobní návodka			Operace – 30		ZÁPUSTKA	
Stroj: KIA 2	Počet listů: 3	Hmotnost: 0,88 kg	Číslo výkresu: 4-50-256		Vypracoval: Kubášek	
Program: O0003	List: 1	Polotovár: 55,8 × 46	Materiál: 19 541		Datum: 15. 4. 2013	
			$t_{AS} = 10,9 \text{ min}$			
			$t_{AC} = 12,54 \text{ min}$			
			$t_{BC} = 66 \text{ min}$			
			$t_{A111} = 0,5 \text{ min}$			
Náčrt	Popis práce	Výrobní pomůcky	v_c [m·min ⁻¹]	a_p [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	t_{AS} [min]
	Upnout kus do sklíčidla, vysunutí kusu 21 mm.	Doraz č. 02. Tvarové čelisti, posuvné měřítko.				
	Zarovnat čelo. Přídavek na dok. 0,1 mm. Hrubovat vnější kužel. Přídavek na dok. 0,05 mm.	T01 – Vnější nůž hrubovací. Držák: MWLNR 2525M-08W VBD: WNMG 080408-PP IC907	180	1,20	0,20	0,75

Výrobní návodka			Operace – 30		ZÁPUSTKA		
Stroj: KIA 2	Počet listů: 3	Hmotnost: 0,88 kg	Číslo výkresu: 4-50-256	Vypracoval: Kubášek			
Program: O0003	List: 2	Polotovár: 55,8 × 46	Materiál: 19 541	Datum: 15. 4. 2013			
Náčrt	Popis práce	Výrobní pomůcky	v_c [m·min ⁻¹]	a_p [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	t_{AS} [min]	
	Dokončit čelo l = 44,98 mm. Dokončit vnější kužel.	T03 – Vnější nůž. Držák: MWLNR 2525M- 06W VBD: WNMG 06T304- IC907	200	0,20	0,05	0,70	
	Vrtat ot. ø21 mm do hloubky 6 mm.	T12 – Vrták průměr 21 mm, úhel špičky 180°. Držák: DR210- 063-25-07-3DN VBD: SOMX 070305 DT IC908	n [min ⁻¹] 1250		0,03	0,24	
	Hrubovat vnitřní kužel o úhlu 3°, rádius r = 7,06 mm. Přídavek na dok. 0,05 mm. Vyložení nože L = 14 mm.	T04 – Vnitřní nůž, průměr 4 mm, Držák: E04G-SCLCR03 - D50 VBD: CCGT03X102L- W8 SH730	40	0,08	0,07	4,92	

Výrobní návodka			Operace – 30		ZÁPUSTKA		
Stroj: KIA 2	Počet listů: 3	Hmotnost: 0,88 kg	Číslo výkresu: 4-50-256		Vypracoval: Kubášek		
Program: O0003	List: 3	Polotovár: 55,8 × 46	Materiál: 19 541		Datum: 15. 4. 2013		
Náčrt	Popis práce	Výrobní pomůcky	V_c [m·min ⁻¹]	a_p [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	t_{AS} [min]	
	Hrubovat zbývající část profilu. Přídavek na dok. 0,05 mm. Vyložení nože L = 10 mm.	T10 – Vnitřní nůž, průměr 10 mm. Držák: E08K- SCLCR-06 VBD: CCMT 060204- SM IC907	150	0,40	0,10	1,63	
	Dokončit celý vnitřní tvar. Dokončení provádět dvakrát, kontrolovat rozměry. Vyložení nože L = 12 mm.	T08 – Vnitřní nůž, průměr 5 mm. Držák: E05G- SEXPR04-D055 VBD: EPGT 040104L- W8 SH730 Posuvné měřítko 0–150 mm, měřidla TESA a Mahr.	40	0,05	0,05	2,16	

5.3.2 Varianta 2 – software SolidCAM

Podle výkresové dokumentace dodané technologickým oddělením je v programu SolidWorks vytvořen model zápusťky. Program pro CNC obrábění je definován a vyhotoven pomocí software SolidCAM a přenesen do stroje.

Časové úspory při výrobě zápusťky je dosaženo optimalizováním drah nástrojů pomocí software, kdy nedochází k obrábění míst, kde je již materiál odebrán.

Obrábění vnější části je shodné s předchozí variantou.

Vrtákem o průměru 25 mm s vrcholovým úhlem 140°, jenž kopíruje svým tvarem vnitřní kužel zápusťky, je odebrána převážná část materiálu. Je ponechán

přídavek umožňující odebrání jedné třísky hrubovacím nožem a přídavek na dokončení. Zbývající materiál v dutině zápustky je odebrán vnitřními noži o průměru 4 mm a 10 mm. Dokončení celého vnitřního tvaru je provedeno nožem o průměru 5 mm. Výrobní návodka je v tab. 5. 4. Čas dávkové práce t_B získaný měřením je u této varianty 75 min.

Ve výrobních návodkách jsou uvedeny normy času na jednotku produkce. Čas jednotkové práce t_A je vypočítán podle vztahu (5.1), kde čas výměny kusu t_{A111} je 0,5 min. Norma jednotkového času t_{AC} a dávkového času t_{BC} s podílem času směnového je vypočítána podle vztahů (5.2 a 5.3), kde k času jednotkovému t_A a t_B je připočítán čas směnový ve formě složky přírážky k_C , která je stanovena ze složek času směny. Hodnota přírážky času směnového je 1,1. V čase dávkové práce s podílem času směnového t_{BC} není započítán čas tvorby programu a jeho odladění na stroji.

$$t_A = t_{AS} + t_{A111} \text{ [min]} \quad (5.1)$$

$$t_{AC} = k_C \cdot t_A \text{ [min]} \quad (5.2)$$

$$t_{BC} = k_C \cdot t_B \text{ [min]} \quad (5.3)$$

t_A – čas jednotkové práce [min],

t_{A111} – čas výměny kusu [min],

t_B – čas dávkové práce [min],

t_{AS} – jednotkový čas automatického chodu stroje [min],

t_{AC} – jednotkový čas s přírážkou času směnového [min],

t_{BC} – dávkový čas s přírážkou času směnového [min],

k_C – přírážka času směnového. [19]

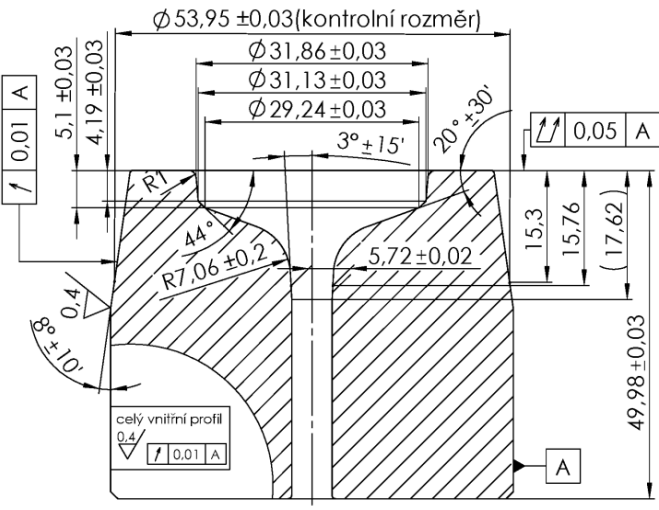
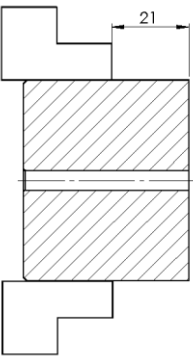
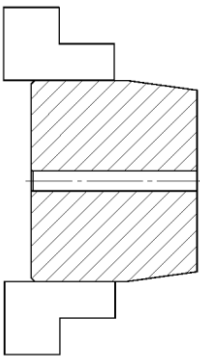
Vzorový výpočet časů t_{AC} a t_{BC} uvedených ve výrobních návodkách.

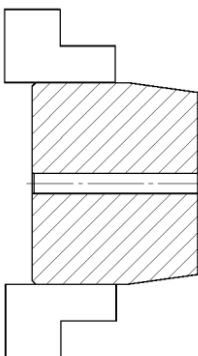
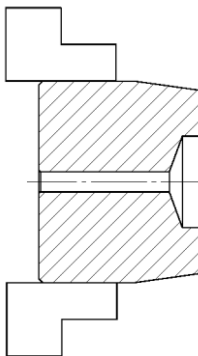
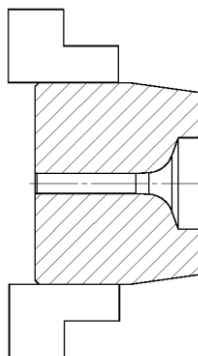
$$t_A = 7,04 + 0,5 = 7,54 \text{ min}$$

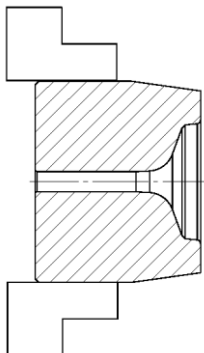
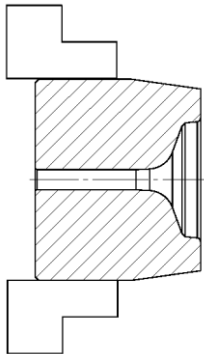
$$t_{AC} = 1,1 \cdot 7,54 = 8,29 \text{ min}$$

$$t_{BC} = 1,1 \cdot 75 = 83 \text{ min}$$

Tab. 5.4 Výrobní návodka – operace 30.

Výrobní návodka			Operace – 30		ZÁPUSTKA	
Stroj: KIA 2	Počet listů: 3	Hmotnost: 0,88 kg	Číslo výkresu: 4-50-256	Vypracoval: Kubášek		
Program: O0003	List: 1	Polotovár: 55,8 × 46	Materiál: 19 541	Datum: 15. 4. 2013		
			$t_{AS} = 7,04 \text{ min}$			
			$t_{AC} = 8,29 \text{ min}$			
			$t_{BC} = 83 \text{ min}$			
			$t_{A111} = 0,5 \text{ min}$			
Náčrt	Popis práce	Výrobní pomůcky	v_c [m·min ⁻¹]	a_p [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	t_{AS} [min]
	Upnout kus do sklíčidla, vysunutí kusu 21 mm.	Doraz č. 02. Tvarové čelisti, posuvné měřítko.				
	Zarovnat čelo. Přídavek na dok. 0,1 mm. Hrubovat vnější kužel. Přídavek na dok. 0,05 mm.	T01 – Vnější nůž hrubovací. Držák: MWLNR 2525M- 08W VBD: WNMG 080408- PP IC907	180	1,20	0,20	0,75

Výrobní návodka			Operace – 30		ZÁPUSTKA		
Stroj: KIA 2	Počet listů: 3	Hmotnost: 0,88 kg	Číslo výkresu: 4-50-256	Vypracoval: Kubášek			
Program: O0003	List: 2	Polotovár: 55,8 × 46	Materiál: 19 541	Datum: 15. 4. 2013			
Náčrt	Popis práce	Výrobní pomůcky	v_c [m·min ⁻¹]	a_p [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	t_{AS} [min]	
	Dokončit čelo l = 44,98 mm. Dokončit vnější kužel.	T03 – Vnější nůž. Držák: MWLNR 2525M-06W VBD: WNMG 06T304-IC907	200	0,20	0,05	0,70	
	Vrtat ot. ø 25 mm do hloubky 10 mm (měřeno na špičku vrtáku). Přídavek na dokončení 0,2 mm.	T12 – Vrták průměr 25 mm, úhel špičky vrtáku 140°. Držák: DCN-250-038-32A-1,5D Hlavice: ICP 256 IC908	n [min ⁻¹] 800		0,05	0.50	
	Hrubovat vnitřní kužel o úhlu 3°, rádius r = 7,06 mm. Přídavek na dok. 0,05 mm. Vyložení nože L = 13 mm.	T04 – Vnitřní nůž, průměr 4 mm, Držák: E04G-SCLCR03-D50 VBD: CCGT03X102L-W8 SH730	40	0,08	0,07	1,66	

Výrobní návodka			Operace – 30		ZÁPUSTKA		
Stroj: KIA 2	Počet listů: 3	Hmotnost: 0,88 kg	Číslo výkresu: 4-50-256	Vypracoval: Kubášek			
Program: O0003	List: 3	Polotovár: 55,8 × 46	Materiál: 19 541	Datum: 15. 4. 2013			
Náčrt	Popis práce	Výrobní pomůcky	V_c [m·min ⁻¹]	a_p [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	t_{AS} [min]	
	Hrubovat zbývající část profilu, odebrat přídavek po vrtání na úhlové ploše 20°. Přídavek na dok. 0,05 mm. Vyložení nože L = 9 mm.	T10 – Vnitřní nůž, průměr 10 mm. Držák: E08K-SCLCR-06 VBD: CCMT 060204-SM IC907	150	0,40	0,10	0,96	
	Dokončit celý vnitřní tvar, dokončení provádět dvakrát, kontrolovat rozměry dle výkresu. Vyložení nože L = 12 mm.	T08 – Vnitřní nůž, průměr 5 mm. Držák: E05G-SEXPR04-D055 VBD: EPGT 040104L-W8 SH730 Posuvné měřítko 0–150 mm, měřidla TESA a Mahr.	40	0,05	0,05	2,01	

5.4 Nástroje pro obrábění na CNC soustruhu

Soustružnické nože a vrtáky jsou vybrány z katalogu firem Iscar, Walter a Tungaloy. Na soustruhu je dvanácti-polohová hlava, která má 5 pozic pro upnutí vnějších nástrojů. Maximální rozměr upnutého vnějšího nástroje je (25 × 25) mm. Do revolverové hlavy je dále možno upnout až 7 vnitřních nástrojů nebo vrtáků (revolverová hlava má upravený poměr počtu pozic, než je standardní výbava uvedená u popisu stroje). Maximální upínací průměr je 32 mm. Vnitřní nože s menším průměrem je nutné upínat pomocí vhodných redukcí. Pro upnutí malých vrtacích nástrojů se používají kleštiny.

5.4.1 Nástroje pro soustružení

Nástroje určené pro soustružení se nazývají soustružnické nože. Jde o jednobřité nástroje jednoduchých tvarů, které jsou poměrně levné a jednoduché z hlediska údržby.

Nástroje můžeme rozdělit podle různých hledisek.

Podle technologického hlediska:

- radiální (nejfrekventovanější skupina nástrojů),
- prizmatické,
- kotoučové (tvarové nože, vysoký počet přeastření bez změny funkčního tvaru),
- tangenciální (nůž je tvarový, posuv tangenciální).

Podle způsobu obrábění:

- obrábění vnějších ploch,
- obrábění vnitřních ploch.

Podle tvaru tělesa:

- přímé,
- ohnuté,
- stranové,
- rohové.

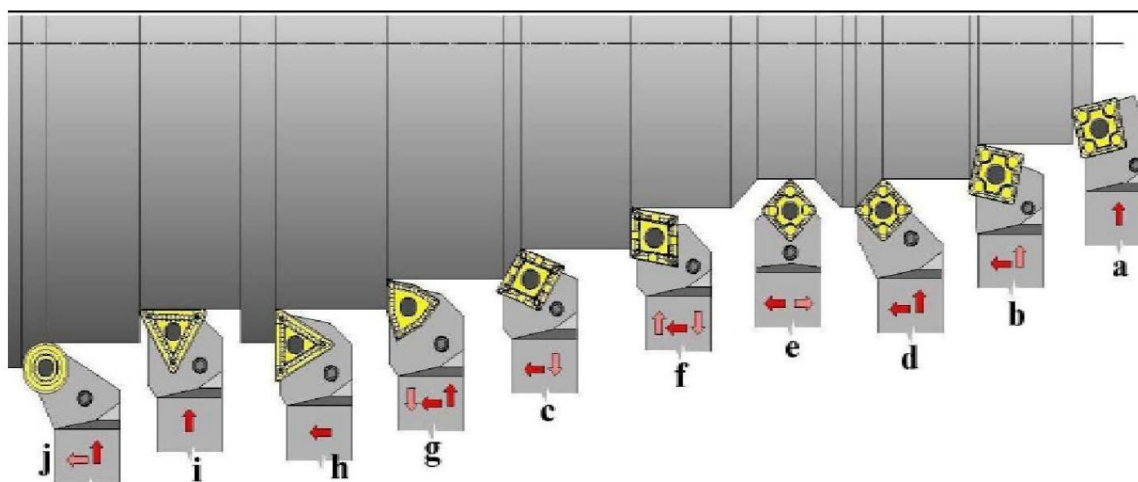
Podle polohy ostří v pracovní souřadnicové soustavě:

- pravé (směr posuvového pohybu zprava doleva),
- levé (směr posuvového pohybu zleva doprava).

Podle metody obrábění realizované nožem:

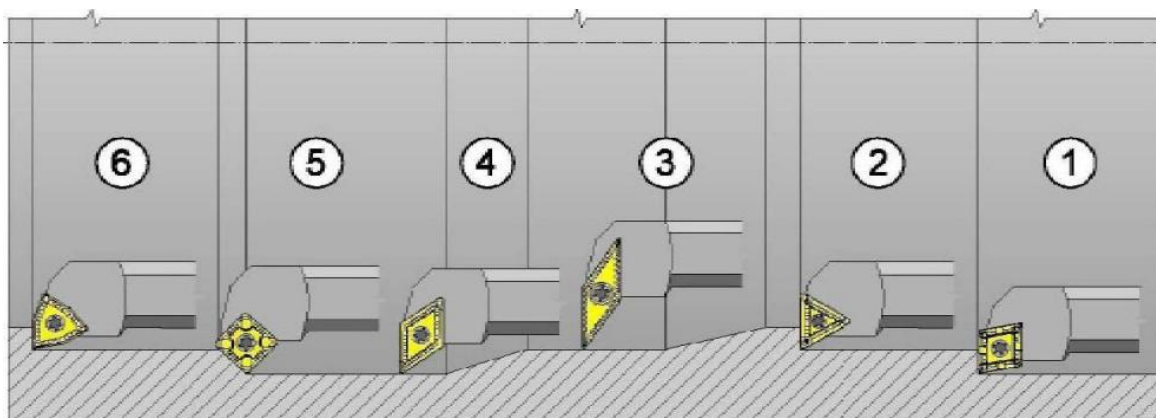
- ubírací,
- závitový,
- zapichovací,
- upichovací,
- tvarový,
- kopírovací.

Na obr. 5.5 jsou znázorněny typy vnějších soustružnických nožů s vyznačenými možnými směry obrábění a na obr. 5.6 typy vnitřních nožů.



Obr. 5.5 Ukázky vnějších soustružnických nožů. [7]

a – ubírací nůž čelní, b – ubírací nůž přímý, c – ubírací nůž přímý, d – ubírací nůž ohnutý,
e – ubírací nůž oboustranný, f – rohový nůž, g – rohový nůž, h – ubírací nůž stranový,
i – ubírací nůž stranový, j – radiusový nůž



Obr. 5.6 Ukázky vnitřních soustružnických nožů. [7]

1 – vnitřní nůž ubírací, 2 – vnitřní nůž rohový, 3 – vnitřní nůž kopírovací, 4 – vnitřní nůž ubírací, 5 – vnitřní nůž ubírací, 6 – vnitřní nůž rohový

Podle konstrukce:

- celistvé – těleso i řezná část jsou vyrobeny z nástrojové nebo rychlořezné oceli a tvoří jeden celek,
- s pájenými břitovými destičkami – destička z řezného materiálu je připájena tvrdou pájkou do lůžka tělesa nože z konstrukční oceli,
- s vyměnitelnými břitovými destičkami – břitová destička je mechanicky upnuta v nožovém držáku pomocí upínání ISO. Existuje množství upínacích systémů, jejichž cílem je, aby se pevnost upínacího spojení přiblížila pevnosti, která je dosažena u pájených břitových destiček. [6, 7]

5.4.2 Geometrické parametry břitu

Správnou volbou geometrie nástroje lze výrazně ovlivnit pevnost břitu, trvanlivost nástroje, stabilitu řezného procesu, tepelné i silové zatížení a dodržet požadavky kladené na přesnost rozměrů i jakost plochy. Jednotlivé geometrické parametry břitu nástroje ovlivňují řezný proces zejména následujícím způsobem.

Nástrojový úhel nastavení κ_r , hodnoty se obvykle pohybují v rozsahu $45^\circ - 90^\circ$, úhel ovlivňuje zejména tvar třísky, délku ostří v záběru a závisí na něm poměr složek síly při řezání. Vliv hodnoty úhlu se projevuje i v tuhosti špičky nástroje a jejím opotřebením, což má vliv na drsnost obrobeného povrchu součásti.

Vedlejší nástrojový úhel nastavení κ'_r , ovlivňuje především tuhost a opotřebením špičky. Má také vliv na drsnost obrobeného povrchu.

Nástrojový úhel sklonu ostří λ_s , většinou nabývá hodnoty -6° až $+6^\circ$. Ovlivňuje především odchod třísek z místa řezu (kladný úhel napomáhá odchodu třísky od obrobku a naopak) a tuhost špičky nástroje.

Nástrojový úhel čela γ_o , se běžně volí od -8° do $+8^\circ$. Hodnota úhlu se projevuje na utváření třísek. Současně s úhlem hřbetu má vliv na tuhost a pevnost břitu nástroje.

Nástrojový úhel hřbetu α_o , je obvykle v rozmezí od $+8^\circ$ do $+12^\circ$. Hodnota úhlu ovlivňuje tření nástroje o obrobek, poměry složek řezné síly, vznik tepla zejména třením, tuhost břitu a trvanlivost nástroje.

Nástrojový úhel špičky r_ϵ , je zpravidla volen v rozsahu od 0,2 mm do 5 mm. Poloměr zaoblení špičky se volí co největší s ohledem na tuhost soustavy stroj – nástroj – obrobek. S větším poloměrem se zvyšuje odolnost břitu proti plastické deformaci a lze použít větší posuv. S větším poloměrem špičky dochází při obrábění ke zvýšení řezné síly. Poloměr špičky výrazně ovlivňuje strukturu povrchu. [7]

5.4.3 Materiály řezných nástrojů

Řezné materiály rozhodujícím způsobem ovlivňují kvalitu výroby, produktivitu obrábění a výrobní náklady. Při obrábění jsou řezné materiály vystaveny intenzivnímu mechanickému a tepelnému zatížení. To vede k opotřebením nebo vylovení části břitu, což může vést až k poškození nástroje. Řezný materiál musí mít větší tvrdost než obráběný materiál, aby mohl řezný klín vniknout do obrobku a odřezávat třísku. K základním požadavkům na nástrojový materiál patří pevnost v tlaku, tvrdost, odolnost proti otěru, tepelná vodivost, houževnatost, chemická stálost apod.

Pro výrobu řezných nástrojů se obecně používá těchto nástrojových materiálů:

- nástrojové oceli uhlíkové,
- nástrojové oceli slitinové,
- rychlořezné oceli (HSS),
- slinuté karbidy (SK),
- slinuté karbidy s tvrdými povlaky,
- cermety,
- keramické nástrojové materiály,
- kubický nitrid boru (KBN),
- polykrystalický diamant (PD),
- přírodní diamant. [7]

Materiály použitých řezných nástrojů při výrobě zápustky jsou rychlořezná ocel a slinuté karbidy.

Rychlořezná ocel

Rychlořezné oceli tvoří samostatnou skupinu legovaných nástrojových ocelí. Obsahují karbidotvorné prvky W, Cr, V, Mo a nekarbidotvorný Co. Podle obsahu legujících prvků a vlastností jsou vhodné pro řezné nástroje na obrábění ocelí, ocelí na odlitky o vysoké pevnosti a tvrdosti. Nejčastěji jsou rychlořezné oceli používány pro tvarové nástroje, výstružníky, závitníky, frézy menších rozměrů a nástroje vystavené rázům při přerušovaném řezu.

V poslední době se do popředí dostávají rychlořezné oceli vyrobené práškovou metalurgií. Touto metodou se dají vyrobit oceli s vyšším obsahem legur, než je tomu u běžného způsobu výroby tavením. [6]

Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou nástrojové materiály, které se vyrábí práškovou metalurgií z různých karbidů a kovového pojiva. Mezi nejdůležitější patří karbid wolframu (WC), karbid titanu (TiC), karbid tantalu (TaC) a karbid niobu (NbC). Jako pojivo se nejčastěji používá kobalt (Co). Slinuté karbidy jsou směsí dvou fází a není možné je dále tepelně zpracovávat. Obsahové množství jednotlivých fází ovlivňuje jejich houževnatost, tvrdost a odolnost proti otěru. Slinuté karbidy se vyrábějí ve

tvaru destiček normalizovaných tvarů a rozměrů, které se pájí, nebo nejčastěji mechanicky upínají na řeznou část nástroje. Některé nástroje se ze slinutých karbidů vyrábějí jako monolitické, nejčastěji jsou to vrtáky a frézy malých rozměrů. Pro zvýšení otěruvzdornosti povrchu, prodloužení životnosti břitů, snížení součinitele tření, omezení ulpívání třísek na čele břitů se slinuté karbidy povlakuji. Tvrdé povlaky jsou z karbidu titanu (TiC), nitridu titanu (TiN) nebo oxidu hlinitého (Al_2O_3). Povlaky mohou být jedno- nebo vícevrstvé s jedním nebo více komponenty. Podle principu se metody povlakování dělí na metodu PVD (fyzikální napařování charakteristické nízkými pracovními teplotami) a metodu CVD (chemické napařování z plynné fáze, které probíhá za vysokých teplot). [6, 17]

Výrobci nástrojů již v katalozích mnohdy neuvádějí obrobitelnost materiálu, ale vhodnost nástrojového materiálu pro daný obráběný materiál. Norma ISO ČSN 513: 2002 rozděluje obráběcí materiály podle chemického složení a oblasti použití do šesti skupin. Skupiny jsou značeny písmeny P, M, K, N, S, H. Každá ze skupin je označena jinou barvou pro snadné rozpoznání. Dále jsou slinuté karbidy ještě v každé skupině rozděleny podle mechanických vlastností a označeny dvoumístným číslem.

Skupina P (modrá barva) – je určena pro obrábění železných kovů se vznikem dlouhé třísky. Mezi obráběné materiály lze zařadit uhlíkové oceli, oceli na odlitky a slitinové oceli.

Skupina M (žlutá barva) – má univerzální použití a je určena především pro obrábění materiálů, které tvoří střední a dlouhou třísku, jako jsou austenitické a feriticko-austenitické oceli, oceli na odlitky a tvárné litiny. Pro svoji vysokou houževnatost se tyto SK používají pro těžké hrubovací práce a pro přerušované řezy.

Skupina K (červená barva) – je určena pro obrábění materiálů, které vytváří krátkou drobivou třískou zejména šedé litiny, temperované litiny a atd.

Skupina N (zelená barva) – je určena k obrábění neželezných kovů, zejména hliníku, mědi a jejich slitin.

Skupina S (hnědá barva) – je vhodná pro obrábění tepelně odolných slitin na bázi železa, superslitin na bázi niklu nebo kobaltu, titanu a jeho slitin.

Skupina H (šedá barva) – je vhodná na obrábění kalených a vysoce tvrdých ocelí. [17]

5.5 Zvolené nástroje

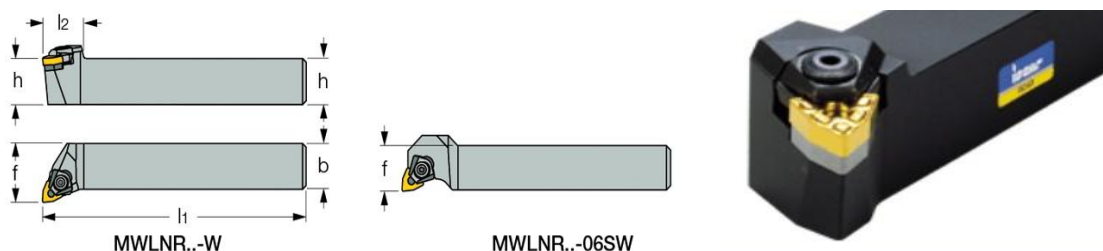
Prioritou pro výběr nástrojů a VBD není vždy jejich optimální vhodnost pro dané obrábění ani pořizovací cena, ale možnost využití i pro jiné výrobky. Použité soustružnické nože pro výrobu zápustky jsou v provedení držák s mechanicky vyměnitelnou břitovou destičkou. Destička je obvykle vícebřitá a po otupení jednoho břitu se pootočí do další polohy a použije se nový břit. Výměna destiček je snadná, rychlá a lze ji provádět přímo na stroji. Polohu břitu není potřeba obvykle seřizovat. Materiál a geometrie nástroje jsou voleny s ohledem na materiál obrobku, obráběný tvar a vnitřní poloměr zaoblení stanovený výkresovou dokumentací.

U nástroje je v nadpisu uvedeno číslo, pod kterým je uložen v revolverové hlavě CNC soustruhu a v dalším textu je specifikováno jeho použití.

Nástroj T01 – soustružnický nůž vnější pro hrubování

Nožový držák: MWLNR 2525M-08W

Pro hrubovací práce a zarovnání čela je použit nožový držák od firmy Iscar. Rozměry držáku, které jsou okótovány na obr. 5.7, jsou uvedeny v tabulce 5.5.



Obr. 5.7 Nožový držák MWLNR 2525M-08W. [20]

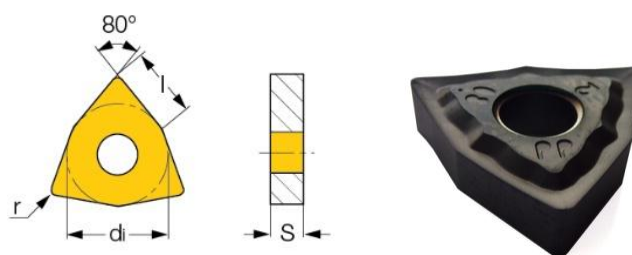
Tab. 5.5 Rozměry nožového držáku MWLNR 2525M-08W. [20]

h [mm]	b [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	f [mm]	λ_s	γ_o
25	25	150	30	32	-6°	-6°

VBD: WNMG 080408-PP IC907 (P10 – P30)

Tato oboustranná vyměnitelná břitová destička má trojúhelníkový tvar a úhel špičky 80°. Na obr. 5.8 je zobrazen tvar VBD s okótováním hlavních rozměrů.

Doporučené řezné podmínky a rozměry břitové destičky jsou uvedeny v tabulce 5.6. Materiál břitové destičky označený IC907 je slinutý karbid s povlakem TiALN, který je vhodný pro obrábění tepelně odolných slitin, nerez ocelí, kalených a uhlíkových ocelí při středních řezných rychlostech. [20, 21]



Obr. 5.8 VBD WNMG 080408-PP IC907. [20]

Tab. 5.6 Rozměry a doporučené řezné podmínky VBD. [20]

l [mm]	di [mm]	s [mm]	r [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	a _p [mm]	v _c [m·min ⁻¹]
8,70	12,70	4,76	0,80	0,14–0,30	1,00–4,00	180–300

Nástroj T03 – soustružnický nůž vnější pro dokončení

Nožový držák: MWLNR 2525M-06W

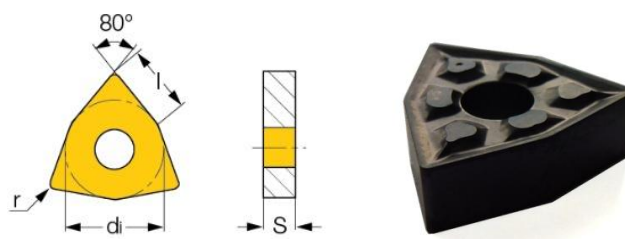
Rozměry nožového držáku jsou uvedeny v tabulce 5.7.

Tab. 5.7 Rozměry nožového držáku MWLNR 2525M-06W. [20]

h [mm]	b [mm]	l ₁ [mm]	l ₂ [mm]	f [mm]	λ _s	γ _o
25	25	150	30	32	-6°	-6°

VBD: WNMG 06T304-TF IC907 (P10 – P30)

Vyměnitelná břitová destička je vhodná pro obrábění uhlíkové, slitinové a nerezové oceli a vysokoteplotních slitin. Tvar, rozměry a doporučené řezné podmínky jsou uvedeny na obr. 5.9 a v tab. 5.8. Materiál slinutého karbidu je stejný jako u předchozí VBD. [20, 21]



Obr. 5.9 VBD WNMG 06T304-TF IC907. [20]

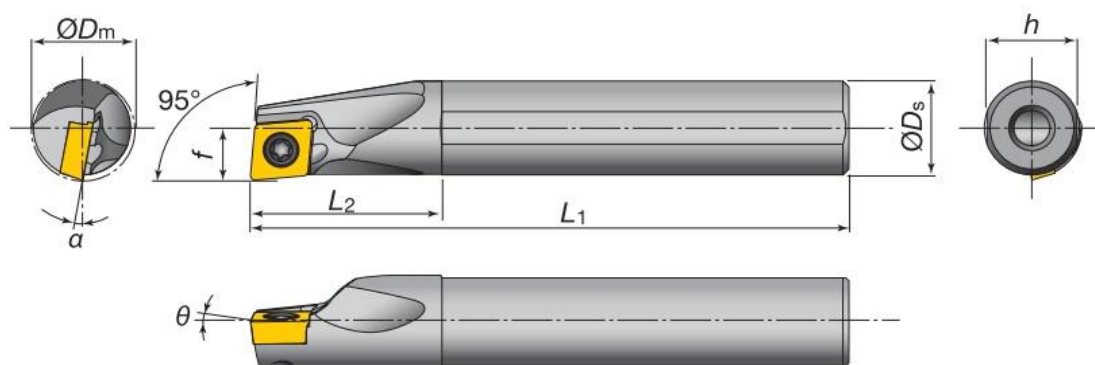
Tab. 5.8 Rozměry a doporučené řezné podmínky VBD. [20]

l [mm]	d_i [mm]	s [mm]	r [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	a_p [mm]	v_c [m·min ⁻¹]
6,52	9,52	4,76	0,40	0,12–0,35	1,00–3,00	180–300

Nástroj T04 – soustružnický nůž pro vnitřní hrubování $\varnothing 4$ mm

Nožový držák: E04G-SCLCR03-D50

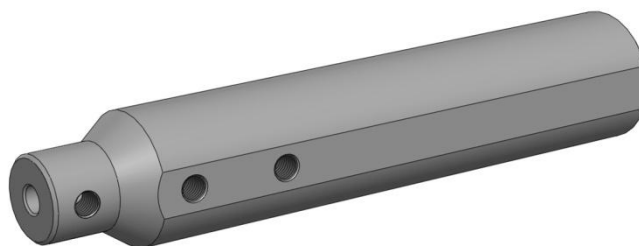
Pro hrubování vnitřních průměrů a kontury je použit nůž s karbidovým tělesem od firmy Tungaloy. Minimální průměr pro použití nože je 5 mm. Přívod procesní kapaliny k břítku je zajištěn otvorem, který prochází celým tělem držáku. Karbidové těleso držáku je pevnější než ocelové, což zvyšuje přesnost obrábění a omezuje vibrace. Konstrukce držáku je patrná z obr. 5.10, rozměry jsou uvedeny v tab. 5.9. K upnutí vnitřního nože je použita redukce o vnitřním průměru 4 mm a vnějším 20 mm znázorněná na obr. 5.11. Při upnutí do stroje je nutno použít ještě další redukci o vnitřním průměru 20 mm a vnějším 32 mm.



Obr. 5.10 Nožový držák E04G-SCLCR03-D50. [22]

Tab. 5.9 Rozměry vnitřního nožového držáku E04G-SCLCR/03-D50. [22]

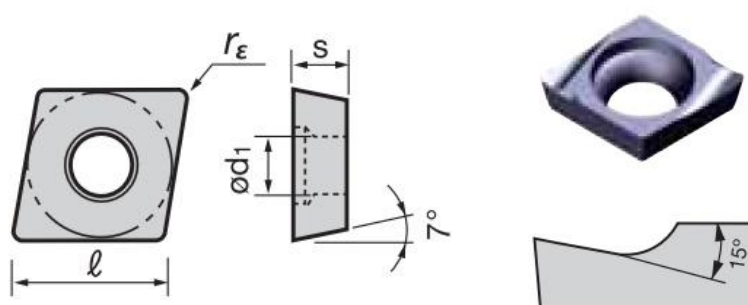
D_m [mm]	$\varnothing D_s$ [mm]	f [mm]	L_1 [mm]	L_2 [mm]	h [mm]	Θ	α
5	4	2,5	90	9	3,8	0°	-15°



Obr. 5.11 Redukce pro upnutí vnitřního nožového držáku.

VBD: CCGT03X102L-W8 SH730 (P20 – P35)

Použitá břitová destička je kosočtvercového tvaru s úhlem špičky 80° , úhlem hřbetu 7° a poloměrem zaoblení špičky 0,2 mm znázorněná obr. 5.12. Je použitelná jak pro nízké, tak vysoké řezné rychlosti. Rozměry a řezné podmínky jsou uvedeny v tabulce 5.10. Materiál břitové destičky SH730 je slinutý karbid s PVD povlakem o tloušťce 1–3 μm , který je určen pro ocel, nerezové oceli a superslitiny. Materiál má vysokou odolnost proti opotřebení. [22]



Obr. 5.12 VBD CCGT03X102L-W8 SH730. [22]

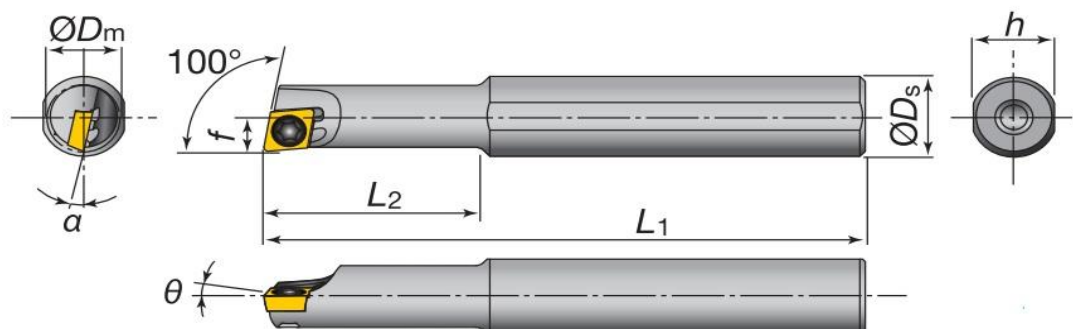
Tab. 5.10 Rozměry a doporučené řezné podmínky VBD. [22]

l [mm]	d_1 [mm]	s [mm]	r_ϵ [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	a_p [mm]	v_c [m·min ⁻¹]
4,0	1,9	1,39	0,20	0,01–0,15	0,05–1,0	40–180

Nástroj T08 – soustružnický nůž pro vnitřní dokončování $\varnothing 5$ mm

Nožový držák: E05G-SEXPR04-D055

Nástroj je od firmy Tungaloy. Držák je znázorněn na obr. 5.13 a v tab. 5.11 jsou uvedeny jeho rozměry. Nůž se musí upnut do redukce o vnitřním průměru 5 mm a vnějším 20 mm.



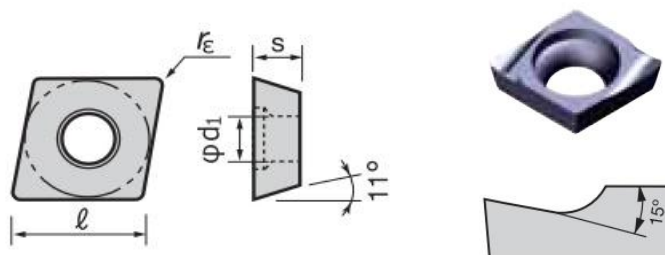
Obr. 5.13 Nožový držák E05G-SEXPR04-D055. [22]

Tab. 5.11 Rozměry vnitřního nožového držáku. [22]

D_m [mm]	$\varnothing D_s$ [mm]	f [mm]	L_1 [mm]	L_2 [mm]	h [mm]	Θ	α
5,5	5	2,75	90	10	4,8	0°	-12°

VBD: EPGT 040104L-W8 SH730 (P20 – P35)

Použitá břitová destička znázorněná na obr. 5.14 je kosočtvercového tvaru s úhlem špičky 75°, úhlem hřbetu 11° a poloměrem zaoblění špičky 0,4 mm. Rozměry a doporučené řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 5.12. Materiál břitové destičky je slinutý karbid s označením SH730. [22]



Obr. 5.14 VBD EPGT 040104L-W8 SH730. [22]

Tab. 5.12 Rozměry a doporučené řezné podmínky VBD. [22]

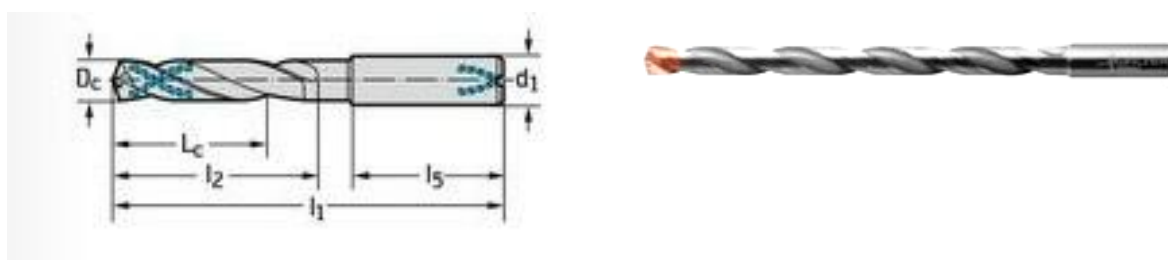
l [mm]	d_1 [mm]	S [mm]	r_e [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	a_p [mm]	v_c [m·min ⁻¹]
4,8	2,3	1,59	0,40	0,02–0,1	0,05–1,0	40–150

Nástroj T07 – středící vrták

Pro navrtání středícího otvoru je použit NC středící vrták od formy Walter-Titex s označením A1174C, jehož délka řezné části je 16 mm a průměru 5 mm. Středící vrták se upíná do kleštiny. [23]

Nástroj T06 – vrták průměr 5 mm

Pro vrtání díry o průměru 5 mm a délce 45 mm je použit vrták od firmy Walter-Titex s označením A6589DPP – 5. Vrták je v provedení s válcovou stopkou, čtyřmi fazetkami a leštěnými drážkami. Tento typ vrtáku je s vnitřním chlazením, čímž se dosáhne mnohem lepšího přívodu procesní kapaliny do místa řezu, lepšího odvodu třísek a možnosti použití vyšších řezných podmínek. Úhel špičky je 140°. Materiál vrtáku je slinutý karbid vhodný pro vrtání všech skupin materiálů. Na obr. 5.15 je náčrt s kótami a fotografie vrtáku. V tab. 5.13 jsou uvedeny rozměry vrtáku a doporučené řezné podmínky. Upnutí vrtáku je provedeno pomocí kleštiny. [13]



Obr. 5.15 Vrták A6489DPP – 5. [23]

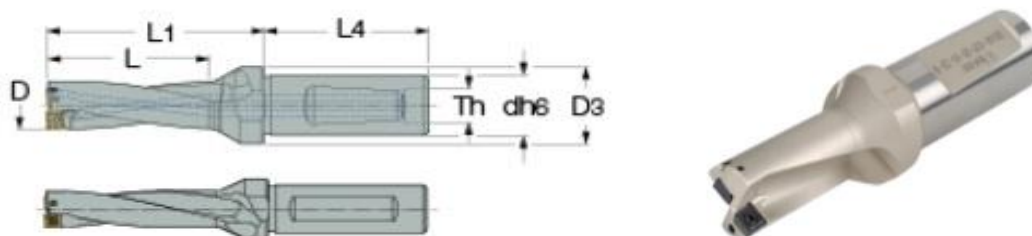
Tab. 5.13 Rozměry a doporučené řezné podmínky vrtáku. [23]

D_c [mm]	d_1 [mm]	L_c [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	l_5 [mm]	v_c [m·min ⁻¹]	f [mm·ot ⁻¹]
5	6	74	121	83	36	30–170	0,05–0,20

Nástroj T12 – vrták průměr 21 mm (varianta 1)

Vrták je produktem firmy Iscar. Jedná se o nástroj řady DR – TWIST s dvěma vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu a vnitřním chlazením s označením DR210-063-25-07-3D-N.

Vrtaný průměr 21 mm je možno upravit vyosením nástroje podél osy **X** až na průměr 24,5 mm. Provedení vrtáku je patrné z obr. 5.16, kde jsou také zakótovány základní rozměry vrtáku. Rozměry a doporučené řezné podmínky se nacházejí v tabulce 5.14. Pro upnutí vrtáku do stroje je potřeba použít redukci o vnitřním průměru 25 mm a vnějším 32 mm. [21]



Obr. 5.16 Vrták DR210-063-07-3D-N. [20]

Tab. 5.14 Rozměry vrtáku. [20]

D [mm]	D _{max} [mm]	L [mm]	L ₁ [mm]	L ₄ [mm]	d [mm]	D ₃ [mm]	Th
21,00	24,50	63,00	83,00	56,00	25,00	32,00	G3/8"

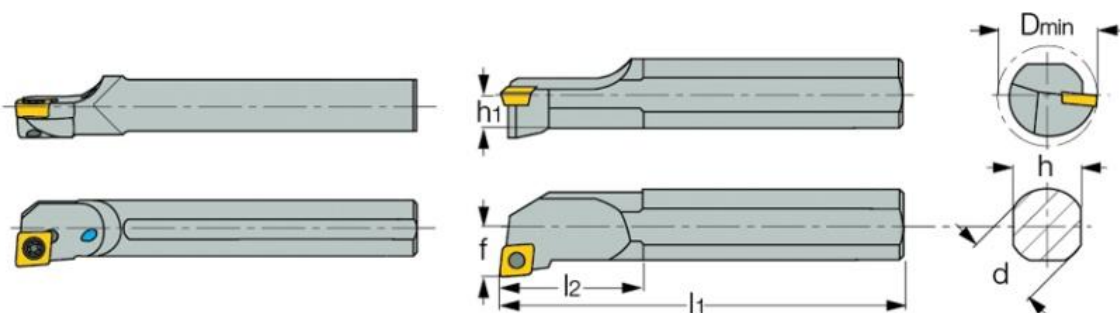
VBD: SOMX 070305-DT IC908

Břítová destička je čtvercového tvaru se 4 řeznými hranami, vhodná pro vrtání tepelně odolných slitin, austenitických nerezových a kalených ocelí při nízkých až středních řezných rychlostech. Břítová destička je povlakovaná s použitím technologie PVD. Rádus zaoblení špičky je 0,5 mm. Doporučená řezná rychlost je v rozsahu od 120 do 180 m·min⁻¹ a posuv od 0,10 do 0,15 mm·ot⁻¹. [20]

Nástroj T10 – soustružnický nůž pro vnitřní hrubování $\varnothing 10$ mm

Nožový držák: E08K-SCLCR-06

Držák od firmy Iscar je určen pro hrubování vnitřní části profilu zápustky. Tělo nástroje má karbidovou stopku s vnitřním chlazením. Minimální vnitřní průměr, pro který je možno držák použít je 10 mm. Na obr. 5.17 je držák znázorněn a v tab. 5.15 jsou uvedeny jeho rozměry.



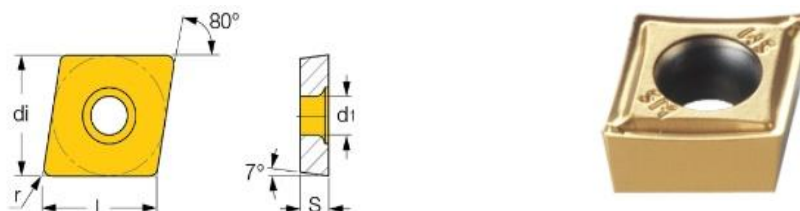
Obr. 5.17 Nožový držák E08K-SCLCR-06. [20]

Tab. 5.15 Rozměry vnitřního nožového držáku E08K-SCLCR-06. [20]

$\varnothing d$ [mm]	$\varnothing D_{min}$ [mm]	l_1 [mm]	h [mm]	h_1 [mm]	f [mm]
8	10	125	7,6	3,8	5

VBD: CCMT 060204-SM IC907 (P20 – P35)

Břítová destička kosočtvercového tvaru je určena pro střední hrubování a dokončování, má pozitivní úhel čela a úhel hřbetu 7° . Destička je znázorněná na obr. 5.18, rozměry a doporučené řezné podmínky jsou v tab. 5.16.



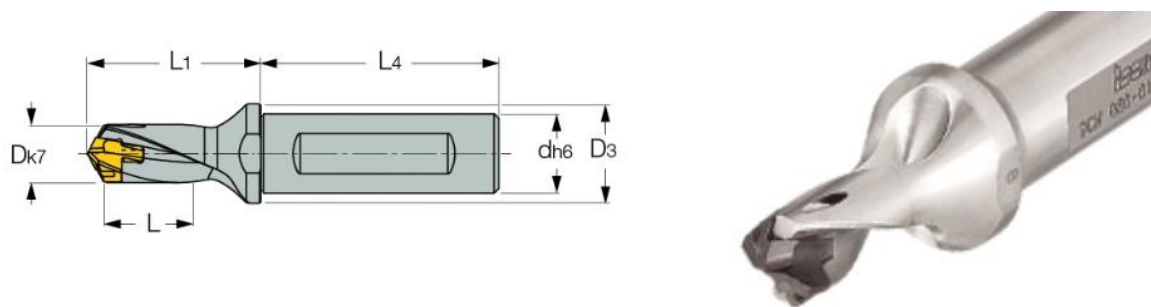
Obr. 5.18 VBD CCMT 060204-SM. [20]

Tab. 5.16 Rozměry a doporučené řezné podmínky VBD. [20]

l [mm]	d_i [mm]	S [mm]	r_e [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	a_p [mm]	v_c [m·min ⁻¹]
6,3	6,35	2,38	0,4	0,07–0,25	0,50–2,50	200–300

Nástroj T12 – vrták průměr 25 mm (Varianta 2)

Vrták z řady SUMOCHAM s označením DCN-250-038-32A-1,5D (obr. 5.19) s vnitřním chlazením a s vyměnitelnými hlavicemi je produktem firmy Iscar. Do tělesa je možno použít 4 druhy hlavic určené pro různé materiálové skupiny. Každé těleso může být osazeno 10 standardními hlavicemi (obr. 5.20) různých velikostí odstupňovaných po 0,1 mm. Rozměry vrtáku jsou uvedeny v tab. 5.17.



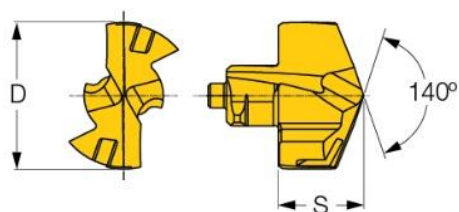
Obr. 5.19 Vrták DCN-250-038-32A-1,5D. [20]

Tab. 5.17 Rozměry vrtáku. [20]

D [mm]	D_{max} [mm]	L [mm]	L_1 [mm]	L_4 [mm]	d [mm]	D_3 [mm]	Th
25,00	25,90	38,00	77,00	60,00	32,00	42,00	G3/8"

Hlavice: ICP 256 IC908 (P15 – P20, M20 – M30)

Hlavice je vyrobena ze slinutého karbidu s označením IC908. Na povrchu je metodou PVD nanесena vrstva TiAlN. Karbid snáší přerušované řezy a nestabilní řezné podmínky, je vhodný pro obrábění žáruvzdorných slitin, tvrdých slitinových a uhlíkových ocelí při středních až vyšších řezných rychlostech. Vyměnitelnou hlavici je možno několikrát přebrousit. [21]



Obr. 5.20 Hlavice ICP 256 IC908. [20]

Průměr hlavice je $D = 25,6$ mm a výška $S = 14,5$ mm. Řezná rychlost se volí v rozsahu $40\text{--}140$ m·min⁻¹. Pro posuv jsou doporučeny hodnoty v rozsahu $0,15\text{--}0,35$ mm·ot⁻¹. [21]

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V technicko-ekonomickém zhodnocení je vypočítána spotřeba materiálu, náklady na materiál, náklady na obrábění a náklady na chemicko-tepelné zpracování. Náklady jsou vypočítány pro stávající technologii a pro obě navržené varianty výroby.

6.1 Náklady na materiál

Nejprve je nutné určit spotřebu materiálu. Při stanovení spotřeby materiálu se vychází z délky polotovaru součásti s přídavky na obrábění. Do spotřeby se započítají i ztráty vzniklé dělením a ztráty z konce tyče, který již není využitelný. Ztráta materiálu dělením na pásové pile je 3 mm a přídavek na obrábění čela je 1 mm.

Výpočet délky polotovaru s přídavkem na obrábění vyjadřuje vztah 6.1:

$$l_p = l_s + l_o \text{ [mm]} \quad (6.1)$$

l_p – délka polotovaru [mm],

l_s – délka součásti [mm],

l_o – přídavek na obrábění [mm].

$$l_p = 45 + 1 = 46 \text{ mm}$$

Počet kusů z tyče, která má délku 2000 mm, je vypočítán podle vztahu 6.2:

$$n = \frac{l_t}{l_p + l_d} \text{ [ks]} \quad (6.2)$$

l_t – délka tyče [mm],

l_d – prořez pilového pásu [mm],

n – počet kusů z tyče.

$$n = \frac{2000}{46 + 3} = 40,81 \Rightarrow 40 \text{ ks}$$

Délka nevyužitého konce tyče je vypočítána dle vztahu 6.3:

$$l_k = l_t - \{(l_p + l_d) \cdot n\} \text{ [mm]} \quad (6.3)$$

$$l_k = 2000 - \{(46 + 3) \cdot 40\} = 40 \text{ mm}$$

Výpočet ztráty materiálu nevyužitého konce tyče na jeden kus je proveden podle vztahu 6.4. Hustota oceli je zjištěna z materiálového listu.

$$q_k = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{l_k}{n} \cdot \rho \text{ [kg]} \quad (6.4)$$

ρ – hustota oceli [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],

D – průměr polotovaru [mm],

l_k – délka nevyužitého konce tyče [mm],

q_k – ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jeden kus [kg].

$$q_k = \frac{\pi \cdot 55,8^2}{4} \cdot \frac{40}{40} \cdot 7850 \cdot 10^{-9} = 0,019 \text{ kg}$$

Výpočet normy spotřeby materiálu na výrobu jednoho kusu součásti Q_m je proveden podle vztahu 6.5:

$$Q_m = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (l_p + l_d) \cdot \rho + q_k \text{ [kg]} \quad (6.5)$$

Q_m – norma spotřeby materiálu na výrobu jednoho kusu [kg].

$$Q_m = \frac{\pi \cdot 55,8^2}{4} \cdot (46 + 3) \cdot 7850 \cdot 10^{-9} + 0,019 = 0,96 \text{ kg}$$

Cena nakupovaného materiálu je 92 Kč za 1 kg. Náklady na materiál N_m jsou vypočteny podle vztahu 6.6:

$$N_m = Q_m \cdot P_m \text{ [Kč]} \quad (6.6)$$

P_m – cena 1 kg materiálu [Kč],

N_m – náklady na materiál pro jeden kus [Kč].

$$N_m = 0,96 \cdot 92 = 88,3 \text{ Kč}$$

Na výrobu jednoho kusu zápustky se spotřebuje 0,96 kg materiálu v ceně 88,3 Kč. [19]

6.2 Náklady na obrábění

Pro zjištění nákladů na obrábění a porovnání jednotlivých variant technologie výroby zápustky je nutné znát náklady na hodinový provoz stroje, časy jednotkové práce s přírážkou času směnového t_{AC} a časy dávkové práce s přírážkou času směnového t_{BC} .

Náklady na hodinový provoz CNC soustruhu KIA jsou 400 Kč. V této částce jsou započítány náklady na nástroje, procesní kapaliny, energie, mzda pracovníka a další položky. Součástí sazby je i část nákladů na provoz pásové pily a značícího zařízení.

Pracnosti operací uvedeny v tab. 6.1 jsou vypočítány podle vztahu (6.7):

$$t = \frac{t_{AC}}{60 \cdot \Pi} + \frac{t_{BC}}{60 \cdot \Pi \cdot d_v} \text{ [Nhod} \cdot \text{ks}^{-1}] \quad (6.7)$$

t – pracnost operace [$\text{Nhod} \cdot \text{ks}^{-1}$],

t_{AC} – čas jednotkové práce s přírážkou času směnového [min],

t_{BC} – čas dávkové práce s přírážkou času směnového [min],

Π – ukazatel práce pracovníka,

d_v – velikost výrobní dávky [ks].

Výrobní dávka je určitý počet kusů nepřetržitě zpracovávaných na jednom pracovišti, s jednorázovým vynaložením času na přípravu a seřízení t_B . Pro výpočet byla zvolena průměrná výrobní dávka o 30 kusech. Ukazatel práce pracovníka Π je u obou operací a variant výroby rozdílný a je závislý na plnění výkonových norem a využití pracovní doby. Náklady na obrábění jsou vypočítány podle vztahu (6.8). V tab. 6.1 jsou uvedeny strojní časy, časy jednotkové a dávkové práce s přírážkou času směnového, ukazatel práce pracovníka, pracnost, hodinová sazba stroje a náklady na obrábění stávající technologií a obou navržených variant. [24]

$$N_o = t \cdot N_s \text{ [Kč]} \quad (6.8)$$

N_s – náklady na hodinový provoz [Kč·hod⁻¹],

N_o – náklady na obrábění jedné operace [Kč].

Tab. 6.1 Výrobní náklady obrábění.

Operace	t_{AS} [min]	t_{AC} [min]	t_{BC} [min]	Π	t [N·hod·ks ⁻¹]	N_s [Kč·hod ⁻¹]	N_o [Kč]
Soustružení – operace 20	3,41	4,30	44	0,80	0,120	400	48
Soustružení – operace 30 Stávající technologie	32,93	36,22	60	0,98	0,650	400	260
Soustružení – operace 30 Varianta 1 – obráběcí cykly	10,90	12,54	66	0,90	0,273	400	109
Soustružení – operace 30 Varianta 2 – software SolidCAM	7,04	8,29	83	0,85	0,217	400	87

6.3 Náklady na chemicko-tepelné zpracování

Cena za CHTZ prováděné externí firmou je 132 Kč za 1kg materiálu. Pro výpočet nákladů je zapotřebí zjistit hmotnost hotové zápustky. Vzhledem k tomu, že se zápustka již vyrábí, je nejsnadnější způsob zjištění hmotnosti zvážení součásti. Dalším způsobem může být stanovení hmotnosti pomocí programu SolidWorks, kde po určení materiálu modelu součásti je možno zjistit její hmotnost. Hmotnost součásti zjištěná zvážení je 0,755 kg.

Náklady na CHTZ jsou vypočítány podle vztahu 6.9:

$$N_{tz} = m_s \cdot P_{tz} \text{ [Kč]} \quad (6.9)$$

N_{tz} – náklady na CHTZ jednoho kusu [Kč],

m_s – hmotnost součásti [kg],

P_{tz} – cena CHTZ za 1 kg [Kč].

$$N_{tz} = 0,755 \cdot 132 = 99,7 \text{ Kč}$$

Do kalkulace nákladů je třeba započítat i náklady na dopravu. Přepravu zajišťuje dopravce, který si účtuje 1800 Kč za jednu cestu. Zápustky tvoří jen část dopravní dávky, která obsahuje i jiné výrobky. Velikost dopravní dávky je obvykle 400 ks. Celkové náklady na CHTZ jednoho kusu jsou vypočítány podle vztahu 6.10:

$$N_z = N_{tz} + \frac{N_d}{d_d} \text{ [Kč]} \quad (6.10)$$

N_z – celkové náklady na CHTZ jednoho kusu [Kč],

N_d – náklady na dopravní dávku [Kč],

d_d – velikost dopravní dávky [ks].

$$N_z = 99,7 + \frac{1800}{400} = 104,2 \text{ Kč.}$$

Náklady na chemicko-tepelné zpracování a dopravu jsou 104,2 Kč na jednu zápustku.

6.4 Celkové výrobní náklady

Celkové náklady tvoří náklady na materiál, na obrábění a na chemicko-tepelné zpracování. V tab. 6.2 jsou rozepsány dílčí a celkové náklady jednotlivých variant výroby zápustky při velikosti výrobní dávky 30 kusů. Ceny jsou zaokrouhleny na celé koruny. Na obr. 6.1 je graf porovnávající celkové náklady na jednotlivé technologie výroby zápustky.

Tab. 6.2 Výrobní náklady zápustky.

Náklady	Stávající technologie [Kč]	Varianta 1 [Kč]	Varianta 2 [Kč]
Náklady na materiál	88	88	88
Náklady na obrábění – operace 20	48	48	48
Náklady na obrábění – operace 30	260	109	87
Náklady na CHTZ	104	104	104
Celkové náklady	500	349	327



Obr. 6.1 Porovnání nákladů stávající a nových technologií výroby.

7 DISKUZE

V diplomové práci je řešena technologie výroky kovací zápustky, kdy jsou uvedeny tři varianty technologie výroby. První varianta technologického postupu je v současné době používána a další dvě varianty jsou navrženy z důvodu snížení pracnosti celkového výrobního času a nákladů. Pro nové postupy jsou použity nástroje již užívané v nástrojárně, a nedochází tedy ke zvyšování nákladů ani záběru dalších skladovacích ploch. Stroje používané ve výrobních postupech tj. pásová pila, soustruh KIA, značící zařízení, měřidla a měřicí stroje zůstávají také původní. Řezné podmínky u stávajících nástrojů zůstaly zachovány. Stěžejní změna výrobního postupu spočívá tedy ve změně strategie obrábění vnitřní části zápustky. Nejdůležitější v technologickém postupu výroby zápustky je obrábění vnitřního profilu, v úzkých tolerancích s vysokou kvalitou povrchu, který je špatně přístupný. U všech postupů obrábění je společná operace 20, což je obrábění čela, vnějšího průměru a vrtání díry skrz celý obrobek.

Ve stávající variantě výrobního postupu je celý vnitřní tvar obráběn vnitřním nožem malého průměru, takže nelze použít větší posuv a řeznou rychlost. Tato varianta má dlouhý výrobní čas, to znamená velké náklady a malou hodinovou produktivitu výroby soustruhu i pracovníka. Tato varianta je vhodná pro výrobu zkušebních vzorků, neboť tvorba programu pro jiný tvar zápustky je rychlá a jednoduchá. Přejít na výrobu nové zápustky (náběh nové výroby) je pružný bez ohledu na druh předchozího obrábění.

U prvního nově navrženého postupu obrábění je část vnitřního profilu vyhrubována stávajícím vnitřním nožem malého průměru a zbývající část je vyhrubována nožem většího průměru, který umožňuje použití vyšších řezných podmínek. Tvar je dokončen již nožem menšího průměru, protože soustružení je omezeno malým vnitřním průměrem. Při této variantě dochází k úspoře výrobního času. Program je vytvořen ručním programováním za pomoci obráběcích cyklů. Nevýhodou je lehce složitější program a vyšší počet použitých nástrojů, kdy se prodlužuje dávkový čas, z důvodu seřizování většího počtu nástrojů. Další nevýhodou je zvýšení vedlejších časů vzniklých při vícestrojové obsluze. Tato varianta je výhodná pro výrobu většího počtu kusů, kdy je vyšší seřizovací čas vykompenzován kratším časem výroby jednoho kusu.

Druhá nově navržená varianta výroby je realizovaná pomocí počítačového software SolidCAM, kde je pro model součásti po definování parametrů obrábění vygenerován program automaticky. Použití tohoto software je náročnější na kvalifikaci a praktické zkušenosti obsluhy. U vygenerovaného programu je vhodné provést kontrolu a případně úpravu některých částí programu. Kvůli velikosti

programu je nutné po skončení výroby daného typu zápustky provést překopírování programu na paměťovou kartu, neboť stroj má omezenou paměť. Při této variantě dochází k dalším úsporám nákladu, hlavně kvůli snížení výrobních časů, kdy jsou pracovní pohyby nástroje ještě více zefektivněny. V případě této zápustky se navíc vrcholový úhel kužele vrtáku přesně shoduje s kuželem v obráběném profilu. Použití této metody vyhrubování vnitřního tvaru nemusí být u dalších zápustek s odlišným vnitřním tvarem tak efektivní. Tato varianta je vhodná pro vyšší počet kusů ve výrobní dávce. Seřizovací časy jsou oproti předchozím variantám delší, což je vyváжено dalším snížením strojního času. Nevýhodou je při vicedstrojové obsluze nárůst vedlejších časů a možné čekání stroje na obsluhu.

Vypočítané náklady se vztahují na konkrétní druh zápustky. Při výrobě jiných zápustek se náklady liší, zejména náklady na obrábění, které jsou dány časem výroby zápustky. Náklady na CHTZ se mění v malém rozsahu a jsou závislé na hmotnosti obrobku. Náklady na materiál se nemění a jsou shodné pro všechny zápustky typu – A z důvodu použití shodného polotovaru.

Použití navržených variant výroby je nejvýhodnější u zápustek s větším průměrem profilu, kdy je zapotřebí odebrat větší objem materiálu. Nejméně výhodné je u zápustek s větším vrtaným průměrem a menším rozměrem profilu.

8 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vytvoření nového technologického postupu výroby zápustky, který umožní snížení času výroby a nákladů. V diplomové práci byla představena stávající technologie výroby a navrženy dvě nové varianty technologie výroby zápustky. U obou variant byly vypracovány výrobní návody pro operace obrábění a zvoleny vhodné nástroje. Na závěr práce bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení všech variant. Jako vzorový představitel byla zvolena zápustka, jejíž vnitřní tvar je charakteristický pro významnou skupinu v současné době vyráběných zápustek.

Z poznatků získaných po odzkoušení jednotlivých variant obrábění v praxi jsou vyvozeny následující závěry:

- stávající varianta výroby zápustky je vhodná pro výrobu zkušebních vzorků, neboť umožňuje snadnou tvorbu NC programu a jeho rychlou změnu. Při této variantě a velikosti výrobní dávky 30 ks, činí náklady na výrobu jedné zápustky 500 Kč,
- při variantě výroby realizované dvěma vnitřními noži za pomoci obráběcích cyklů jsou náklady při výrobní dávce 30 ks na jednu zápustku 349 Kč,
- varianta výroby, kdy je NC program vytvořen softwarem SolidCAM, je náročnější na přípravu programu, jeho odladění a seřízení nástrojů, což je vynahrazeno, kratším výrobním časem, kdy při výrobní dávce 30 ks jsou náklady na výrobu jedné zápustky 327 Kč.

Složitější a časově náročnější tvorba programu, seřízení nástrojů a vznik ztrátových časů při vícestrojové obsluze u navržených variant obrábění je vykompenzován kratšími výrobními časy, což při větším objemu výroby přináší jak časové, tak ekonomické výhody oproti stávající technologii výroby zápustky.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Interní materiály TRW – DAS a.s. Dačice.
2. TRW CZECH. *Fotogalerie* [online]. [cit. 2013-03-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.trwczech.cz/dacice/fotogalerie/nas-zavod>>.
3. SAMEK, Radko, LIDMILA, Zdeněk a Eva ŠMEHLÍKOVÁ. *Speciální technologie tváření – 2. část. 1. vydání*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2011, 163 s. ISBN 987-80-214-4406-5.
4. ČEP, Robert, *skripta Technologie 2, 1 díl*. [online]. [cit. 2013-03-10]. Dostupné z WWW: <http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_1dil.pdf>.
5. BOHLER CZ, *Bohler W320*. [online]. [cit. 2013-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.bohler.cz/czech/files/downloads/W320.pdf>>.
6. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění. 2. vyd.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005, 272 s. ISBN 80-214-3068-0.
7. ČEP, Robert, *skripta Technologie 2, 2 díl*. [online]. [cit. 2013-03-10]. Dostupné z WWW: <http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf>.
8. PILOUS – TJM, *Pilové pásy* [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z WWW: <<http://pilous.cz/pasove-pily-na-kov/pilove-pasy-emulze/>>.
9. HYUNDAY – KIA MACHINE, *Návod k instalaci a údržbě – Rychloběžný CNC soustruh super kiaturn 15L/21L*. Verze č. vol 1.0. Vydáno 8/2003.
10. MARKSYS, *Elektromagnetické mikroúderové systémy*. [online]. [cit. 2013-03-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.marksys.cz/bm320.php>>.
11. KOČMAN, Karel. *Speciální technologie obrábění. 2. přepracované vydání*. Brno: PC-DIR Real, s.r.o., 1998, 213 s. ISBN 80-214-1187-2.
12. JERSÁK, Jan. *Technologie 3 – Obrábění – prezentace*. [online]. Studijní materiály pro podporu studia na Technické univerzitě v Liberci, Katedra obrábění a montáže, 2012, 71 s, [cit. 2013-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.kom.tul.cz/download.php/>>.
13. ŠTULPA, Miroslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování. 2. dotisk, 1. vydání*. Praha: BEN - Technická literatura, 2008, 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
14. KELLER, Petr. *Programování a řízení CNC strojů – 2. Část*. [online]. Studijní materiály pro podporu studia na Technické universitě v Liberci, Katedra výrobních systémů, 2005, 51 s. [cit. 2013-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.kvs.tul.cz/syscadcam/>>.

15. FANUC FA, Česká republika. *Řídicí systémy CNC*. [online]. [cit. 2013-04-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.fanucfa.com/cz-cz/Products>>.
16. FANUC FA, *Řídicí systémy CNC Series 30i – Příručka uživatele pro soustruh*. Vydáno. 08/2011.
17. BRYCHTA, Josef, SADÍLEK, Marek, ČEP, Robert a Jana PETRŮ. *Progresivní metody v obrábění*. 1. vydání. Ostrava [online]. VŠB – TUO, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2001, 128 s. ISBN 978-80-248-2513-7 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z WWW: <http://projekty.fs.vsb.cz/019/dokumenty/progresivni_metody_v_obrabeni_FINAL.pdf>.
18. SOLIDVISION: [online]. [cit. 2013-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.solidvision.cz/>>.
19. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická přípravy výroby*. 1. Vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002, 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
20. ISCAR s.r.o. *ISCAR Cutting tools – Metal working*. [online]. [cit. 2013-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.iscar.com/ecat/open.asp/lang/WZ/ECommerce/N/GFSTYP/M/Multlang/Y>>.
21. ISCAR s.r.o. *Kompletní katalog nástrojů ISCAR – Soustružení*, Vydáno 12/2008.
22. TUNGALOY. *Hlavní katalog 2011 – 2012 – Nástroje pro obrábění (PDF)* [online]. [cit. 2013-03-15]. 866s. Dostupné z WWW: <http://www.tungaloy.co.jp/cz/products/catalog/tungaloy-czech_2011-2012.pdf>.
23. WALTER. *Katalog inovace výrobků 2011– 2012*. Walter-Titex.
24. JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby I – 2. část*. 2. přepracované a doplněné vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2006, 138 s. ISBN 80-214-3134-2.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka	Jednotka	Popis
2D	[-]	Dvojdimenzionální rozměr
3D	[-]	Třidimenzionální rozměr
CAD	[-]	Počítačem podporované projektování
CAM	[-]	Počítačová podpora obrábění
CL	[-]	Data v textovém souboru
CNC	[-]	Počítačem řízený stroj
CVD	[-]	Chemické napařování z plynné fáze
ČSN	[-]	Česká technická norma
DIN	[-]	Německá národní norma
HB	[-]	Tvrdost podle Brinella
HRC	[-]	Tvrdost podle Rockwella
HSS	[-]	Rychlořezná ocel
CHTZ	[-]	Chemicko-tepelné zpracování
ISO	[-]	Mezinárodní organizace pro normalizaci
KBN	[-]	Kubický nitrid boru
NC	[-]	Číslicové řízení
PC	[-]	Osobní počítač
PD	[-]	Polykrystalický diamant
PVD	[-]	Fyzikální napařování
SK	[-]	Slinutý karbid
VB	[-]	Opotřebení
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
D	[mm ²]	Vnější průměr
L	[mm]	Délka vyložení nože
N _d	[Kč]	Náklady na dopravní dávku
N _m	[Kč]	Náklady na materiál pro jeden kus
N _o	[Kč]	Náklady na obrábění jedné operace
N _s	[Kč]	Náklady na hodinový provoz zařízení
N _{tz}	[Kč]	Náklady na CHTZ jednoho kusu
N _z	[Kč]	Náklady na CHTZ a dopravu jednoho kusu
P _m	[Kč]	Cena materiálu za jeden kilogram
P _{tz}	[Kč]	Cena CHTZ za jeden kilogram
Q _m	[Kg]	Norma spotřeby materiálu na výrobu jednoho kusu

Ra	[μm]	Střední aritmetická úchylka profilu
R _Y	[μm]	Hloubka drážky
T	[min]	Trvanlivost bříty
a _p	[mm]	Šířka záběru ostří
d _d	[ks]	Velikost dopravní dávky
d _v	[ks]	Velikost výrobní dávky
f	[mm·ot ⁻¹]	Posuv na otáčku
f _z	[mm]	Posuv na zub
k _C	[-]	Přirážka času směnového
k _V	[-]	Součinitel obrobitelnosti
l	[mm]	Délka obrábění
l _d	[mm]	Prořez pilového pásu
l _k	[mm]	Délka nevyužitého konce tyče
l _o	[mm]	Přídavek na obrábění
l _p	[mm]	Délka polotovaru
l _s	[mm]	Délka součásti
l _t	[mm]	Délka tyče
m _s	[kg]	Hmotnost součásti
n	[ks]	Počet kusů z tyče
n	[ot·min ⁻¹]	Počet otáček vřetene stroje
q _k	[kg]	Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče na jeden kus
r	[mm]	Poloměr zaoblení
r _ε	[mm]	Poloměr zaoblení špičky nástroje
t	[Nhod/ks]	Pracnost operace
t _A	[min]	Čas jednotkové práce
t _{A111}	[min]	Čas výměny kusu
t _{AC}	[min]	Čas jednotkové práce s přirážkou času směnového
t _{AS}	[min]	Jednotkový čas automatického chodu stroje
t _B	[min]	Čas dávkové práce
t _{BC}	[Kč]	Čas dávkové práce s přirážkou času směnového
v _C	[m·min ⁻¹]	Řezná rychlost
α _o	[°]	Nástrojový úhel hřbetu
γ _o	[°]	Nástrojový úhel čela
K _r	[°]	Nástrojový úhel nastavení
κ _r '	[°]	Vedlejší nástrojový úhel nastavení
λ _s	[°]	Nástrojový úhel sklonu ostří
π	[-]	Ludolfovo číslo
ρ	[kg·m ⁻³]	Hustota
Π	[-]	Ukazatel práce pracovníka

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	CNC program – operace 20
Příloha 2	CNC program – operace 30 – stávající technologie
Příloha 3	CNC program – operace 30 – varianta 1
Příloha 4	CNC program – operace 30 – varianta 2
Příloha 5	Protokol měření – Tesa – micro
Příloha 6	Protokol měření – profilové měřidlo Mahr
Příloha 7	Výrobní návodka – operace 20

PŘÍLOHA 1

CNC program – operace 20 – obrábění základny.

```
%
O0001( PR.5 STR.1)
G28 U0
G28 W0
G50 S4000
T0101(VNEJSI HRUBOVANI)
G50
G96 S200 M3
G0 G40 X56.5 Z0 F0.15 M8
G1 X-2
G0 G42 X56.5 Z0.5
G71 U1 R0.1
G71 P100 Q200 U0.2 W0.1 F0.2
N100 G0 X53 Z0
G1 X55 Z-1
N200 Z-27
G0 G40 X56.5 M9
G28 U0
G28 W0
T0303(VNEJSI DOKONCENI)
G50
G96 S200 M3
G0 G42 X56.5 Z0.5 M8
G70 P100 Q200 F0.07
G28 U0 M9
G28 W0
T0707(NAVRTANI)
G50
G97 S3700 M3
G0 G40 Z1
X0
G1 M8 Z-3 F0.03
G0 G40 Z1 M9
G28 U0
G28 W0
T0606(VRTANI PR.5)
G97 S3700 M3

G0 G40 Z1
X0 M8
G1 Z-48 F0.06
G0 Z1
G28 U0 M9
G28 W0
T0404(VNITRNI HRUBOVANI)
G50
G96 S40 M3
G0 G41 X5 Z1 M8
G71 U0.08 R0.01
G71 P300 Q400 U-0.05 W0 F0.07
N300 G1 X6.5 Z0.05
G2 X5.5 Z-0.5 R0.5
N400 G1 Z-28
G0 G40 Z1
G28 U0 M9
G28 W0
T0808(VNITRNI DOKONCENI)
G50
G96 S40 M3
G0 G41 X5.4 Z1 M8
G70 P300 Q400 F0.04
G0 G41 X5.4 Z1
G70 P300 Q400 F0.04
G0 Z1 M9
G28 U0
G28 W0
M30
%
```

PŘÍLOHA 2

CNC program – operace 30 – obrábění tvaru – stávající technologie.

```
%
O0002( 4-50-256 STR. 2)
G28 U0
G28 W0
G50 S4000
T0101(VNEJSI HRUBOVANI)
G50 S2500
G96 G40 S180 M3
G0 X56 Z0.1
G1 X3 F0.15 M8
G0 G42 X56 Z0.5
G71 U1.2 R0.1
G71 P100 Q200 U0.2 W0.1 F0.2
N100 G1 X48.495 Z0
G1 X49.809 Z-0.495
X55.29 Z-20
N200 G0 X60
G28 U0 M9
G28 W0
T0303(VNEJSI DOKONCENI)
G50 S2500
G96 S200 M3
G0 X56 Z0
G1 X4 F0.15 M8
G0 G42 X56 Z1
G70 P100 Q200 F0.05
G28 U0 M9
G28 W0
T1212(VRTANI PR.21)
G97 S1250 M3
G0 G40 X21 Z1

G1 Z-6 F0.05 M8
G0 Z1 M9
G28 U0 W0
T0404(VNITRNI HRUBOVANI)
G50 S2500
G96 S40 M3
G0 G41 X5 Z2 M8
G71 U0.08 R0.1
G71 P300 Q400 U-0.05 W0.02 F0.07
N300 G1 X33.66 Z0
G2 X31.67 Z-0.91 R1
G1 X31.1 Z-4.19
G1 X29.18 Z-5.12
G1 X15.16 Z-7.66
G2 X5.89 Z-13.92 R7.06
N400 G1 X5.4 Z-18.62
G40 Z1 M9
G28 U0 W0
T0808(VNITRNI DOKONCENI)
G96 S40 M3
G0 G41 X5.35 Z2 M8
G70 P300 Q400 F0.04
G0 G41 X5.35 Z2 M8
G70 P300 Q400 F0.04
G28 U0 M9
G28 W0
M30
%
```

PŘÍLOHA 3

CNC program – operace 30 – obrábění tvaru – varianta 1.

```
%
O0003( 4-50-256 STR. 2 DVA NOZE)
G28 U0
G28 W0
G50 S4000
T0101(VNEJSI HRUBOVANI)
G50 S2500
G96 G40 S180 M3
G0 X56 Z0.1
G1 X3 F0.15 M8
G0 G42 X56 Z0.5
G71 U1.2 R0.1
G71 P100 Q200 U0.2 W0.1 F0.2
N100 G1 X48.495 Z0
G1 X49.809 Z-0.495
X55.29 Z-20
N200 G0 X60
G28 U0 M9
G28 W0
T0303(VNEJSI NACISTO)
G50 S2500
G96 S200 M3
G0 X56 Z0
G1 X4 F0.15 M8
G0 G42 X56 Z1
G70 P100 Q200 F0.05
G28 U0 M9
G28 W0
T1212(VRTANI PR.21)
G97 S1250 M3
G0 G40 X21 Z1
G1 Z-6 F0.05 M8
G0 Z1 M9
G28 U0 W0
T0404(VNITRNI HRUBOVANI)
G50 S2500
G96 S40 M3
G0 G41 X5 Z2
G1 X5 Z-5 M8
G71 U0.08 R0.1
G71 P300 Q400 U-0.05 W0.02 F0.07
N300 G1 X15.16 Z-5
Z-7.66
G2 X5.89 Z-13.92 R7.06
N400 G1 X5.4 Z-18.62

G0 G40 Z2 M9
G28 U0 W0
T0707(VNITRNI HRUBOVANI)
G50 S2500
G96 S150 M3
G0 G41 X15 Z1
G71 U0.4 R0.05 M8
G71 P500 Q600 U-0.05 W0.02 F0.1
N500 G1 X33.66 Z1
G1 X33.66 Z0
G2 X31.67 Z-0.91 R1
G1 X31.1 Z-4.19
G1 X29.21 Z-5.1
N600 G1 X15.16 Z-7.66
G40 Z2 M9
G28 U0 W0
T0808(VNITRNI DOKONCENI)
G50 S2500
G96 S40 M3
G0 X34 Z2
G1 G41 X33.66 Z0 M8 F0.05
G2 X31.67 Z-0.91 R1
G1 X31.10 Z-4.19
G1 X29.21 Z-5.10
G1 X15.16 Z-7.66
G2 X5.89 Z-13.92 R7.06
G1 X5.4 Z-18.62
G0 G40 Z2
G1 G41 X33.66 Z1
G1 X33.66 Z0 F0.05
G2 X31.67 Z-0.91 R1
G1 X31.10 Z-4.19
G1 X29.21 Z-5.10
G1 X15.16 Z-7.66
G2 X5.89 Z-13.92 R7.06
G1 X5.4 Z-18.62
G0 G40 Z2 M9
G28 U0
G28 W0
M30
%
```

PŘÍLOHA 4

CNC program – operace 30 – obrábění tvaru – varianta 2 (Solidcam).

```
%
O5000(4-50-256 STR. 2)
N1 (DATUM:24-MAR-2013)
N2 G28 U0
N3 G28 W0
N4 (OPERACE: Zarovnani cela)
N5 G40
N6 T0101
N7 G50 S3000
N8 G99
N9 G96 S180 M3 F0.1
N10 /M8
N11 G0 X60. Z2.499
N12 X59.902
N13 Z0.224
N14 G1 X59.648 Z0.2 F0.1
N15 X-1.6
N16 Z0.589
N17 G0 Z2.2
N18 X60.
N19 M9
;
N20 (OPERACE: Hrubovani vnejsi)
N21 G40
N22 G99
N23 G96 S180 M3 F0.2
N24 /M8
N25 G0 X54.018
N26 G1 Z-14.586 F0.2
N27 X55.28 Z-19.082
N28 X59.34 Z-20.42
N29 X59.74
N30 G0 Z2.2
N31 X52.034
N32 G1 Z-7.532
N33 X54.018 Z-14.586
N34 X54.418 Z-14.386
N35 G0 Z2.2
N36 X50.052
N37 G1 Z-0.748
N38 G3 X50.194 Z-0.984 R0.8 F0.2
N39 G1 X52.034 Z-7.532
N40 X52.434 Z-7.332
N41 G0 Z1.596
N42 X48.856
N43 G1 X44.856
N44 X49.658 Z-0.491
N45 G3 X50.051 Z-0.748 R0.8 F0.2
N46 G1 X50.452 Z-0.548
N47 X53.424 Z0.334
N48 G0 X60.
N49 Z2.2
N50 M9
;
N51 G28 U0
N52 G28 W0
N53 (OPERACE: Dokonceni cela)
N54 G40
N55 T0303
N56 G50 S3000
N57 G99
N58 G96 S150 M3 F0.1
N59 /M8
N60 G0 X60. Z2.2
N61 Z0.166
N62 X53.89
N63 G1 X53.028 Z0. F0.1
N64 X-0.492
N65 Z0.2
N66 G0 Z2.
N67 X60.
N68 M9
;
N69 (OPERACE: Dokonceni vnejsi)
N70 G40
N71 G99
N72 G96 S200 M3 F0.05
N73 /M8
N74 G0 Z1.192
N75 X52.384
N76 G1 X50.312 Z0. F0.05
N77 G42 G1 X48.67
N78 X49.81 Z-0.495
N79 X55. Z-18.962
N80 X56. Z-19.602
N81 G40 G1 X57.642
N82 X59.762 Z-19.255
N83 G0 Z2.
N84 X60.
N85 M9
;
N86 G28 U0
N87 G28 W0
N88 (OPERACE: Vrtani)
N89 G40
N90 T0606
N91 G50 S3000
N92 G99
N93 G97 S800 M3 F0.05
N94 /M8
```

N95 G0 X60. Z2.
 N96 Z1.
 N97 X0.
 N98 G1 Z-10.1 F0.05
 N99 G0 Z2.
 N100 X60.
 N101 M9
 ;
 N102 G28 U0
 N103 G28 W0
 N104 (OPERACE: Vnitřní hrubování
 1)
 N105 G40
 N106 T0404
 N107 G50 S3000
 N108 G99
 N109 G96 S40 M3 F0.08
 N110 /M8
 N111 G0 X5.158 Z0.8
 N112 Z-9.231
 N113 G1 Z-17.895 F0.08
 N114 X5. Z-18.081
 N115 X4.8
 N116 G0 Z-9.192
 N117 X5.316
 N118 G1 Z-17.607
 N119 X5.304 Z-17.722
 N120 X5.158 Z-17.895
 N121 X4.958 Z-17.795
 N122 G0 Z-9.164
 N123 X5.474
 N124 G1 Z-16.098
 N125 X5.316 Z-17.607
 N126 X5.116 Z-17.507
 N127 G0 Z-9.135
 N128 X5.632
 N129 G1 Z-14.589
 N130 X5.474 Z-16.098
 N131 X5.274 Z-15.998
 N132 G0 Z-9.106
 N133 X5.79
 N134 G1 Z-13.469
 N135 G2 X5.693 Z-14.01 R7.26
 F0.08
 N136 G1 X5.632 Z-14.589
 N137 X5.432 Z-14.489
 N138 G0 Z-9.077
 N139 X5.948
 N140 G1 Z-12.983
 N141 G2 X5.791 Z-13.469 R7.26
 F0.08
 N142 G1 X5.59 Z-13.369
 N143 G0 Z-9.049
 N144 X6.108
 N145 G1 Z-12.629

N146 G2 X5.949 Z-12.983 R7.26
 F0.08
 N147 G1 X5.748 Z-12.883
 N148 G0 Z-9.02
 N149 X6.266
 N150 G1 Z-12.339
 N151 G2 X6.107 Z-12.629 R7.26
 F0.08
 N152 G1 X5.908 Z-12.529
 N153 G0 Z-8.991
 N154 X6.424
 N155 G1 Z-12.087
 N156 G2 X6.265 Z-12.339 R7.26
 F0.08
 N157 G1 X6.066 Z-12.239
 N158 G0 Z-8.962
 N159 X6.582
 N160 G1 Z-11.863
 N161 X6.424 Z-12.087
 N162 X6.224 Z-11.987
 N163 G0 Z-8.933
 N164 X6.74
 N165 G1 Z-11.66
 N166 X6.582 Z-11.864
 N167 X6.382 Z-11.763
 N168 G0 Z-8.905
 N169 X6.898
 N170 G1 Z-11.472
 N171 X6.74 Z-11.659
 N172 X6.54 Z-11.56
 N173 G0 Z-8.876
 N174 X7.056
 N175 G1 Z-11.298
 N176 X6.898 Z-11.472
 N177 X6.698 Z-11.372
 N178 G0 Z-8.847
 N179 X7.214
 N180 G1 Z-11.136
 N181 X7.056 Z-11.299
 N182 X6.856 Z-11.198
 N183 G0 Z-8.818
 N184 X7.372
 N185 G1 Z-10.983
 N186 X7.214 Z-11.136
 N187 X7.014 Z-11.036
 N188 G0 Z-8.79
 N189 X7.53
 N190 G1 Z-10.838
 N191 X7.372 Z-10.983
 N192 X7.172 Z-10.883
 N193 G0 Z-8.761
 N194 X7.688
 N195 G1 Z-10.7
 N196 X7.53 Z-10.837
 N197 X7.33 Z-10.738
 N198 G0 Z-8.732

N199 X7.846
N200 G1 Z-10.57
N201 X7.688 Z-10.701
N202 X7.488 Z-10.6
N203 G0 Z-8.703
N204 X8.006
N205 G1 Z-10.445
N206 X7.848 Z-10.57
N207 X7.646 Z-10.47
N208 G0 Z-8.674
N209 X8.164
N210 G1 Z-10.325
N211 X8.006 Z-10.445
N212 X7.806 Z-10.345
N213 G0 Z-8.646
N214 X8.322
N215 G1 Z-10.211
N216 X8.164 Z-10.326
N217 X7.964 Z-10.225
N218 G0 Z-8.617
N219 X8.48
N220 G1 Z-10.1
N221 X8.322 Z-10.21
N222 X8.122 Z-10.111
N223 G0 Z-8.588
N224 X8.638
N225 G1 Z-9.995
N226 X8.48 Z-10.101
N227 X8.28 Z-10.
N228 G0 Z-8.559
N229 X8.796
N230 G1 Z-9.892
N231 X8.638 Z-9.994
N232 X8.438 Z-9.895
N233 G0 Z-8.53
N234 X8.954
N235 G1 Z-9.794
N236 X8.796 Z-9.892
N237 X8.596 Z-9.792
N238 G0 Z-8.502
N239 X9.112
N240 G1 Z-9.699
N241 X8.954 Z-9.794
N242 X8.754 Z-9.694
N243 G0 Z-8.473
N244 X9.27
N245 G1 Z-9.607
N246 X9.112 Z-9.699
N247 X8.912 Z-9.599
N248 G0 Z-8.444
N249 X9.428
N250 G1 Z-9.518
N251 X9.27 Z-9.607
N252 X9.07 Z-9.507
N253 G0 Z-8.415
N254 X9.586

N255 G1 Z-9.432
N256 X9.428 Z-9.518
N257 X9.228 Z-9.418
N258 G0 Z-8.387
N259 X9.744
N260 G1 Z-9.349
N261 X9.586 Z-9.432
N262 X9.386 Z-9.332
N263 G0 Z-8.358
N264 X9.902
N265 G1 Z-9.268
N266 X9.744 Z-9.349
N267 X9.544 Z-9.249
N268 G0 Z-8.329
N269 X10.062
N270 G1 Z-9.19
N271 X9.904 Z-9.268
N272 X9.702 Z-9.168
N273 G0 Z-8.3
N274 X10.22
N275 G1 Z-9.114
N276 X10.062 Z-9.19
N277 X9.862 Z-9.09
N278 G0 Z-8.271
N279 X10.378
N280 G1 Z-9.041
N281 X10.22 Z-9.115
N282 X10.02 Z-9.014
N283 G0 Z-8.243
N284 X10.536
N285 G1 Z-8.969
N286 X10.378 Z-9.04
N287 X10.178 Z-8.941
N288 G0 Z-8.214
N289 X10.694
N290 G1 Z-8.9
N291 X10.536 Z-8.969
N292 X10.336 Z-8.869
N293 G0 Z-8.185
N294 X10.852
N295 G1 Z-8.832
N296 X10.694 Z-8.899
N297 X10.494 Z-8.8
N298 G0 Z-8.156
N299 X11.01
N300 G1 Z-8.767
N301 X10.852 Z-8.833
N302 X10.652 Z-8.732
N303 G0 Z-8.128
N304 X11.168
N305 G1 Z-8.703
N306 X11.01 Z-8.767
N307 X10.81 Z-8.667
N308 G0 Z-8.099
N309 X11.326
N310 G1 Z-8.641

N311 X11.168 Z-8.703
N312 X10.968 Z-8.603
N313 G0 Z-8.07
N314 X11.484
N315 G1 Z-8.581
N316 X11.326 Z-8.641
N317 X11.126 Z-8.541
N318 G0 Z-8.041
N319 X11.642
N320 G1 Z-8.523
N321 X11.484 Z-8.581
N322 X11.284 Z-8.481
N323 G0 Z-8.012
N324 X11.8
N325 G1 Z-8.466
N326 X11.642 Z-8.523
N327 X11.442 Z-8.423
N328 G0 Z-7.984
N329 X11.958
N330 G1 Z-8.411
N331 X11.8 Z-8.466
N332 X11.6 Z-8.366
N333 G0 Z-7.955
N334 X12.118
N335 G1 Z-8.357
N336 X11.96 Z-8.411
N337 X11.758 Z-8.311
N338 G0 Z-7.926
N339 X12.276
N340 G1 Z-8.305
N341 X12.118 Z-8.357
N342 X11.918 Z-8.257
N343 G0 Z-7.897
N344 X12.434
N345 G1 Z-8.254
N346 X12.276 Z-8.305
N347 X12.076 Z-8.205
N348 G0 Z-7.868
N349 X12.592
N350 G1 Z-8.205
N351 X12.434 Z-8.254
N352 X12.234 Z-8.154
N353 G0 Z-7.84
N354 X12.75
N355 G1 Z-8.157
N356 X12.592 Z-8.205
N357 X12.392 Z-8.105
N358 G0 Z-7.811
N359 X12.908
N360 G1 Z-8.11
N361 X12.75 Z-8.157
N362 X12.55 Z-8.057
N363 G0 Z-7.782
N364 X13.066
N365 G1 Z-8.065
N366 X12.908 Z-8.11

N367 X12.708 Z-8.01
N368 G0 Z-7.753
N369 X13.224
N370 G1 Z-8.021
N371 X13.066 Z-8.065
N372 X12.866 Z-7.965
N373 G0 Z-7.725
N374 X13.382
N375 G1 Z-7.979
N376 X13.224 Z-8.022
N377 X13.024 Z-7.921
N378 G0 Z-7.696
N379 X13.54
N380 G1 Z-7.937
N381 X13.382 Z-7.978
N382 X13.182 Z-7.879
N383 G0 Z-7.667
N384 X13.698
N385 G1 Z-7.897
N386 X13.54 Z-7.937
N387 X13.34 Z-7.837
N388 G0 Z-7.638
N389 X13.856
N390 G1 Z-7.858
N391 X13.698 Z-7.897
N392 X13.498 Z-7.797
N393 G0 Z-7.609
N394 X14.016
N395 G1 Z-7.82
N396 X13.858 Z-7.858
N397 X13.656 Z-7.758
N398 G0 Z-7.581
N399 X14.174
N400 G1 Z-7.784
N401 X14.016 Z-7.821
N402 X13.816 Z-7.72
N403 G0 Z-7.552
N404 X14.332
N405 G1 Z-7.748
N406 X14.174 Z-7.783
N407 X13.974 Z-7.684
N408 G0 Z-7.523
N409 X14.49
N410 G1 Z-7.714
N411 X14.332 Z-7.748
N412 X14.132 Z-7.648
N413 G0 Z-7.494
N414 X14.648
N415 G1 Z-7.681
N416 X14.49 Z-7.714
N417 X14.29 Z-7.614
N418 G0 Z-7.466
N419 X14.806
N420 G1 Z-7.649
N421 X14.648 Z-7.681
N422 X14.448 Z-7.581

N423 G0 Z-7.437
 N424 X14.964
 N425 G1 Z-7.618
 N426 X14.806 Z-7.649
 N427 X14.606 Z-7.549
 N428 G0 Z2.
 N429 X56.8
 N430 M9
 ;
 N431 G28 U0
 N432 G28 W0
 N433 (OPERACE: Vnitřni hrubování
 2)
 N434 G40
 N435 T1010
 N436 G50 S3000
 N437 G99
 N438 G96 S150 M3 F0.1
 N439 G0 X61.6 Z2. M8
 N440 X49.486
 N441 G1 X25.788 F0.1
 N442 Z-5.433
 N443 X25. Z-5.577
 N444 X21.274 Z-4.646
 N445 X20.796 Z-4.495
 N446 G0 Z2.
 N447 X26.578
 N448 G1 Z-5.29
 N449 X25.788 Z-5.433
 N450 X25.388 Z-5.233
 N451 G0 Z2.
 N452 X27.366
 N453 G1 Z-5.146
 N454 X26.578 Z-5.29
 N455 X26.178 Z-5.09
 N456 G0 Z2.
 N457 X28.156
 N458 G1 Z-5.003
 N459 X27.366 Z-5.146
 N460 X26.966 Z-4.946
 N461 G0 Z2.
 N462 X28.944
 N463 G1 Z-4.859
 N464 X28.156 Z-5.003
 N465 X27.756 Z-4.803
 N466 G0 Z2.
 N467 X29.734
 N468 G1 Z-4.489
 N469 X28.978 Z-4.853
 N470 X28.944 Z-4.859
 N471 X28.544 Z-4.659
 N472 G0 Z2.
 N473 G1 X30.522
 N474 Z-4.109
 N475 X29.734 Z-4.489
 N476 X29.334 Z-4.289












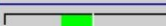




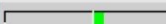

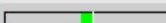

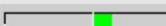



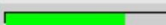


N477 G0 Z2.
 N478 G1 X31.31
 N479 Z-0.525
 N480 G2 X31.074 Z-0.979 R1.4 F0.1
 N481 G1 X30.53 Z-4.106
 N482 X30.522 Z-4.109
 N483 X30.122 Z-3.909
 N484 G0 Z1.72
 N485 X31.474
 N486 G1 X35.474
 N487 X31.864 Z-0.12
 N488 G2 X31.31 Z-0.525 R1.4 F0.1
 N489 G1 X30.91 Z-0.325
 N490 X27.842 Z0.48 F0.05
 N491 G0 Z0.949
 N492 X28.438
 N493 G1 X30.95 Z0.
 N494 G41 G1 X32.592
 N495 G2 X31.494 Z-0.726 R1. F0.05
 N496 G1 X31.47 Z-0.813
 N497 X30.9 Z-4.09
 N498 X29.01 Z-5.
 N499 X15.1 Z-7.531
 N500 G40 G1 X13.458
 N501 X12.058 Z-6.148
 N502 G0 Z2.
 N503 X61.6 M9
 ;
 N504 G28 U0
 N505 G28 W0
 N506 (OPERACE: Dokončení vnitřní
 1)
 N507 G40
 N508 T0808
 N509 G50 S3000
 N510 G99
 N511 G96 S40 M3 F0.05
 N512 /M8
 N513 G0 X31.298 Z1.6
 N514 Z0.
 N515 G41 G1 X32.94 F0.05
 N516 G2 X31.583 Z-0.811 R1. F0.05
 N517 G1 X31.578 Z-0.828
 N518 X31.574 Z-0.846
 N519 X31.57 Z-0.863
 N520 X31. Z-4.14
 N521 X29.11 Z-5.05
 N522 X15.064 Z-7.606
 N523 G2 X5.911 Z-13.258 R7.06
 F0.05
 N524 G2 X5.793 Z-13.871 R7.06
 F0.05
 N525 G1 X5.4 Z-17.618
 N526 X5.35 Z-17.758
 N527 G40 G1 X5.3
 N528 G0 Z1.6

N529 M9
;
N530 (OPERACE: Dokonceni vnitřní
2)
N531 G40
N532 G99
N533 G96 S40 M3 F0.05
N534 /M8
N535 G0 X47.848
N536 Z0.41
N537 G41 G1 X49.49
N538 Z0.
N539 X33.664
N540 G2 X31.683 Z-0.861 R1. F0.05
N541 G1 X31.678 Z-0.878
N542 X31.674 Z-0.896
N543 X31.67 Z-0.913

N544 X31.1 Z-4.19
N545 X29.21 Z-5.1
N546 X15.164 Z-7.656
N547 G2 X6.011 Z-13.308 R7.06
F0.05
N548 G2 X5.893 Z-13.921 R7.06
F0.05
N549 G1 X5.5 Z-17.668
N550 G40 G1 X5.4
N551 G0 Z1.6
N552 M9
;
N553 G28 U0
N554 G28 W0
N555 M30
%

PŘÍLOHA 5

Protokol měření – Tesa – micro.

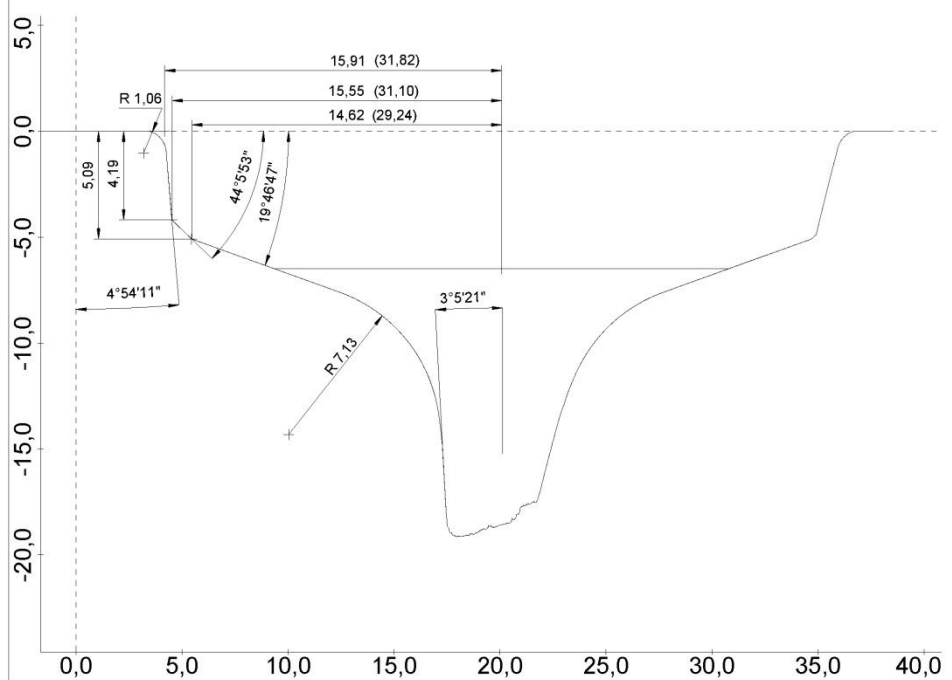
		PART NAME : 4_50_256			avril 26, 2013		20:08		
		REV NUMBER : zapustka			SER NUMBER :		STATS COUNT : 1		
	MM	LOC1 - KRU 54,98A							
AX		MEAS	NOMINAL	DEV	+TOL	-TOL	OUTTOL		
D		55.033	54.980	0.053	0.080	-0.080	0.000		
	MM	LOC2 - KRU 53.95							
AX		MEAS	NOMINAL	DEV	+TOL	-TOL	OUTTOL		
Z		-15.300	-15.300	0.000	0.030	-0.030	0.000		
D		53.965	53.950	0.015	0.030	-0.030	0.000		
	MM	LOC3 - KRU 5.72							
AX		MEAS	NOMINAL	DEV	+TOL	-TOL	OUTTOL		
Z		-15.760	-15.760	0.000	0.030	-0.030	0.000		
D		5.722	5.720	0.002	0.020	-0.020	0.000		
	MM	LOC4 - KRU 5.52A							
AX		MEAS	NOMINAL	DEV	+TOL	-TOL	OUTTOL		
Z		-20.000	-20.000	0.000	0.025	-0.025	0.000		
D		5.513	5.520	-0.007	0.020	-0.020	0.000		
	MM	LOC5 - KRU 5.52B							
AX		MEAS	NOMINAL	DEV	+TOL	-TOL	OUTTOL		
Z		-28.000	-28.000	0.000	0.020	-0.020	0.000		
D		5.522	5.520	0.002	0.020	-0.020	0.000		
	MM	LOC6 - KUZ1							
AX		MEAS	NOMINAL	DEV	+TOL	-TOL	OUTTOL		
A		16,02,42	16,00,00	0,02,42	0,20,00	0,20,00	0,00,00		
	MM	LOC7 - KUZ2							
AX		MEAS	NOMINAL	DEV	+TOL	-TOL	OUTTOL		
A		5,54,57	6,00,00	0,05,03	0,40,00	0,40,00	0,00,00		
	MM	DIST1 - ROV1 TO BOD1							
AX		MEAS	NOMINAL	DEV	+TOL	-TOL	OUTTOL		
M		44.987	44.980	0.007	0.030	-0.030	0.000		
	MM	RNOUT1 - ROV1 TO VAL1							
AX		MEAS	NOMINAL	DEV	+TOL	-TOL	OUTTOL		
M		0.004	0.000	0.004	0.050	0.000	0.000		
	MM	RNOUT2 - VAL1 TO KRU 5.52A							
AX		MEAS	NOMINAL	DEV	+TOL	-TOL	OUTTOL		
M		0.007	0.000	0.007	0.010	0.000	0.000		
	MM	RNOUT3 - VAL1 TO KRU 53.95							
AX		MEAS	NOMINAL	DEV	+TOL	-TOL	OUTTOL		
M		0.004	0.000	0.004	0.010	0.000	0.000		

PŘÍLOHA 6

Protokol měření – profilové měřidlo Mahr perthometer.

Mahr

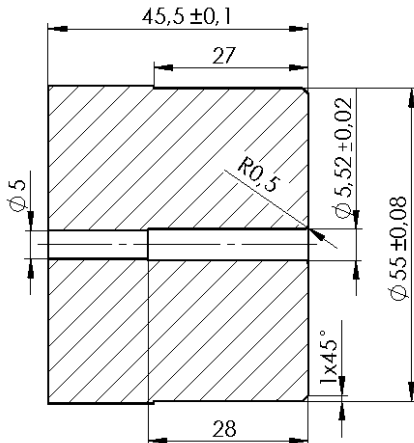
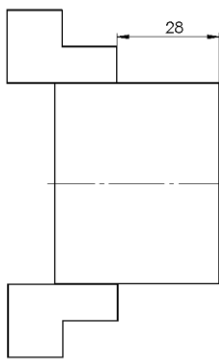
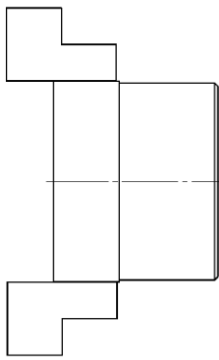
Firma : TRW-DAS a.s. závod ventily Oddělení : úsek kvality 380 01 Strojírenská 160/II Dačice	Perthometer Concept v.č.: 1636/98 verze 7.21 CZ	
	Poznámka: 1. kus, KIA 2 Snímač: PCV 350 / 33 mm	Operátor: Kubášek Datum, čas: 06.04.2013, 12:50
Objekt: Zápustka Číslo: 4-50-256		

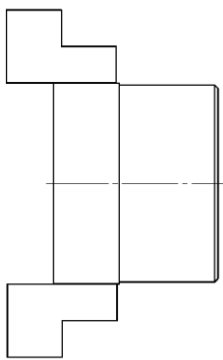
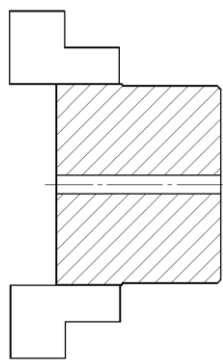
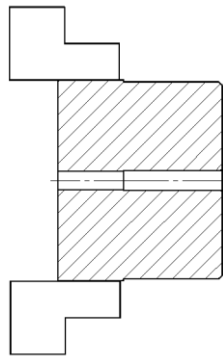


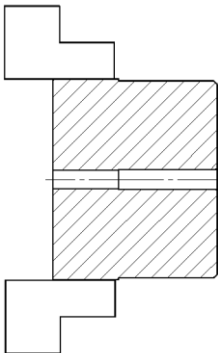
Podpis: _____

PŘÍLOHA 7

Výrobní návodka operace 20.

Výrobní návodka			Operace – 20		ZÁPUSTKA	
Stroj: KIA 2	Počet listů: 3	Hmotnost: 0,88 kg	Číslo výkresu: 4-50-256	Vypracoval: Kubášek		
Program: O0001	List: 1	Polotovár: 55,8 × 46	Materiál: 19 541	Datum: 15. 4. 2013		
			<div><div>t_{AS} = 3,41 min</div><div>t_{AC} = 4,30 min</div><div>t_{BC} = 44 min</div><div>t_{A111} = 0,5 min</div></div>			
Náčrt	Popis práce	Výrobní pomůcky	v _c [m·min ⁻¹]	a _p [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	t _{AS} [min]
	Upnout kus do sklíčidla, vysunutí kusu 28 mm.	Doraz č. 01. Tvrdé čelisti, posuvné měřítko.				
	Zarovnat čelo. l = 45,5 mm, hrubovat vnější ø 54,6 mm, l = 27 mm a sražení 1x 45°.	T01 – Vnější nůž hrubovací. Držák: MWLNR 2525M-08W VBD: WNMG 080408-PP IC907	200	1	0,15 0,20	0,38

Výrobní návodka			Operace – 20		ZÁPUSTKA		
Stroj: KIA 2	Počet listů: 3	Hmotnost: 0,88 kg	Číslo výkresu: 4-50-256	Vypracoval: Kubášek			
Program: O0001	List: 2	Polotovar: 55,8 × 46	Materiál: 19 541	Datum: 15. 4. 2013			
Náčrt	Popis práce	Výrobní pomůcky	v_c [m·min ⁻¹]	a_p [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	t_{AS} [min]	
	Dokončit vnější ø 55, ± 0,08 mm, l = 27 mm a sražení 1x45°.	T03 – Vnější nůž hrubovací. Držák: MWLNR 2525M- 06W VBD: WNMG 06T304- IC907	200	0,20	0,07	0,41	
	Navrtat středící důlek, hloubka 3 mm.	T07 – NC středící vrták (Walter) ø5 mm A1174C	n [min ⁻¹] 3700		0,03	0,12	
	Vrtat díru ø 5 mm, hloubka l = 48 mm.	T06 – Vrták (Walter) ø5 mm A6589DPP – 5	n [min ⁻¹] 3700		0,06	0,32	
	Hrubovat vnitřní ø 5,43 mm, hloubka l = 28 mm a rádius r = 0,5 mm. Vysunutí nože L= 29 mm.	T04 – Vnitřní nůž ø4 mm. Držák: E04G-SCLCR03- D50 VBD: CCGT03X102L- W8 SH730	40	0,08	0,07	1,06	

Výrobní návodka			Operace – 20		ZÁPUSTKA		
Stroj: KIA 2	Počet listů: 3	Hmotnost: 0,88 kg	Číslo výkresu: 4-50-256	Vypracoval: Kubášek			
Program: O0001	List: 3	Polotovár: 55,8 × 46	Materiál: 19 541	Datum: 15. 4. 2013			
Náčrt	Popis práce	Výrobní pomůcky	v_c [m·min ⁻¹]	a_p [mm]	f [mm·ot ⁻¹]	t_{AS} [min]	
	Dokončit vnitřní ø 5,52 ± 0,02 mm, r = 0,5 mm. Dokončení provést dvakrát. Vysunutí nože L= 29 mm. Kontrola rozměrů.	T08 – Vnitřní nůž ø4 mm, Držák: E04G-SCLCR03- D50 VBD: CCGT03X102L- W8 SH730 Posuvné měřítko 0–150 mm, měřidlo TESA, mikrometr.	40	0,05	0,04	1,12	